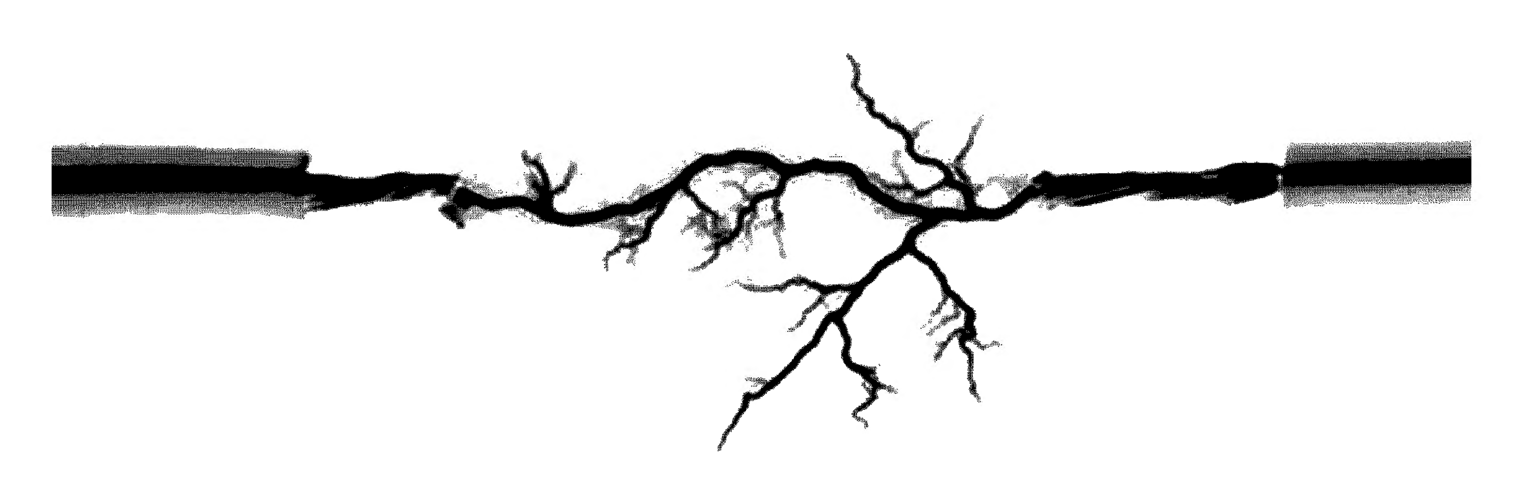
ПОЛНЫЙ СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

(с примерами расчетов)

Э.А. Киреева, С.Н. Шерстнев



Э.А. Киреева, С.Н. Шерстнев

ПОЛНЫЙ СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

(с примерами расчетов)

Под общей редакцией
д-ра техн. наук, проф. **С.Н. Шерстнева**

Второе издание, стереотипное

КНОРУС • МОСКВА • 2013

УДК 621.31(03)
ББК 31.26я2
К43

Рецензенты:
А.Б. Кувалдин, д-р техн. наук, проф.,
Л.В. Макаревич (ОАО «Электрозавод», г. Москва)

Киреева Э.А.

К43 Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов) : справочное издание / Э.А. Киреева, С.Н. Шерстнев ; под общ. ред. С.Н. Шерстнева. —2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2013. — 864 с.

ISBN 978-5-406-02971-8

Приведены технические характеристики действующего и нового электрооборудования, в частности трансформаторов, электродвигателей, коммутационных аппаратов, кабельных и воздушных линий и т.д. Даны сведения по электрическим измерениям, электротехническим материалам, режимам нейтрали, нормам качества электроэнергии, осветительным устройствам.

Для инженеров, техников и мастеров, работающих по эксплуатации систем электроснабжения как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Может быть полезно студентам энергетических направлений подготовки и специальностей.

УДК 621.31(03)
ББК 31.26я2

Киреева Эльвира Александровна
Шерстнев Сергей Николаевич

**ПОЛНЫЙ СПРАВОЧНИК
ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
(С ПРИМЕРАМИ РАСЧЕТОВ)**

Сертификат соответствия № РОСС RU. АЕ51. Н 16208 от 04.06.2012.

Изд. № 6339. Формат 60×90/16. Подписано в печать 11.12.2012.
Усл. печ. л. 54,0. Уч.-изд. л. 47,0. Тираж 1000 экз. Заказ № 9659

ООО «КноРус».
127015, Москва, ул. Новодмитровская, д. 5а, стр. 1.
Тел.: (495) 741-46-28.
E-mail: office@knorus.ru http://www.knorus.ru

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в ОАО «Первая Образцовая типография»,
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

ISBN 978-5-406-02971-8

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Распределение и потребление электроэнергии как на промышленных предприятиях, так и на объектах сельскохозяйственного назначения должны производиться с высокой экономичностью, безопасностью, и требуемым качеством электроэнергии.

Для выполнения всех этих требований необходимо не только рационально построить систему электроснабжения, но и правильно выбрать соответствующее электрическое оборудование. Такие же задачи решаются и при реконструкции системы электроснабжения.

За последние годы отечественной промышленностью выпущено большое число различных видов нового электрооборудования с применением автоматики на основе микропроцессорной техники. К этому необходимо добавить и тот факт, что на промышленных предприятиях и, особенно, в сельском хозяйстве эксплуатируется значительное количество как морально устаревшего, так и изношенного электрооборудования, отработавшего свой нормативный срок службы.

В этой связи издание справочной литературы по действующему и современному электрооборудованию является актуальной задачей.

Настоящая книга в значительной степени учитывает запросы специалистов, занимающихся эксплуатацией электрических сетей промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов, жилых и общественных зданий. Она включает в себя три раздела: общетехнические сведения, специальные технические данные и справочные материалы по электрооборудованию напряжением до и выше 1 кВ. Кроме того, в книгу включены примеры расчета, а также необходимый справочный материал, требующийся энергетикам в повседневной работе.

Авторы

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АБ — аккумуляторная батарея
АЭС — атомная электростанция
АД — асинхронный двигатель
ВН — высокое (высшее) напряжение
ВЛ — воздушная линия
ГПП — главная понизительная подстанция
ДГР — дугогасящий реактор
ДСП — дуговая сталеплавильная печь
ЗРУ — закрытое распредустройство
КЛ — кабельная линия
КРУ — комплектное распредустройство
КРУН — то же наружное
КЭ — качество электроэнергии
КЗ — короткое замыкание
КПД — коэффициент полезного действия
ЛЭП — линия электропередачи
НН — низкое (низшее) напряжение
ОЗЗ — однофазное замыкание на землю
ОРУ — открытое распредустройство
ПС — подстанция
ПУЭ — правила устройств электроустановок
ПКЭ — показатели качества электроэнергии
ПБВ — переключение без возбуждения
РУ — распредустройство
РМ — реактивная мощность
РПН — регулирование под нагрузкой

РЗ — релейная защита
СН — среднее напряжение
СМ — синхронная машина
СК — синхронный компенсатор
СГ — синхронный генератор
с. н. — собственные нужды
СЭС — система электроснабжения
СД — синхронный двигатель
ТП — трансформаторная подстанция
ТЭО — технико-экономическое обоснование
ТГ — турбогенератор
ТТНП — трансформатор тока нулевой последовательности
ТН — трансформатор напряжения
ТТ — трансформатор тока
ЭС — электростанция
ЭДС — элекродвижущая сила
ЭЭ — электроэнергия
ЭП — электроприемник

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Единицы физических величин

Таблица 1.1. **Важнейшие единицы Международной системы СИ**

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
	Основные единицы	
Длина	метр	m/м
Масса	килограмм	kg/кг
Время	секунда	s/с
Сила эл. тока	ампер	A/А
Термодинамическая температура	кельвин	K/К
Количество вещества	моль	mol/моль
Сила света	кандела	cd/кд

Определения основных величин

Метр равен расстоянию, проходимому светом в вакууме за 1/299 722 458-ю долю секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и м. б. атомами, молекулами, ионами, электронами и др. частицами.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан (1 рад = 57°17)	рад
Телесный угол	стерадиан	ср

Определения дополнительных единиц

Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Производные единицы

Единицы пространства и времени

Площадь	кв. метр	$м^2$
Объем, вместимость	куб. метр	$м^3$
Скорость (линейная)	метр в секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$м/с^2$
Частота колебаний	герц	Гц
Частота вращения	секунда в минус первой степени	$с^{-1}$

Секунда в минус первой степени — частота равномерного вращения, при которой за время 1 с совершается один полный оборот тела.

Период	секунда	с
Угловая частота	радиан в секунду	рад/с
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	$рад/с^2$

Единицы механических величин

Плотность	килограмм на куб. метр	$кг/м^3$
Момент инерции (динамический)	килограмм-метр в квадрате	$кг \cdot м^2$
Количество движения (импульс)	килограмм-метр в секунду	кг · м/с
Сила, сила тяжести (вес)	ньютон	Н
Импульс силы	ньютон-секунда	Н · с
Удельный вес	ньютон на куб. метр	$Н/м^3$
Момент силы	ньютон-метр	Н · м
Давление (напряжение механическое)	паскаль	Па

Паскаль — давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 $м^2$.

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
Работа (энергия)	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па · с
Кинематическая вязкость	кв. метр на секунду	$м^2$/с
Ударная вязкость	джоуль на кв. метр	Дж/$м^2$
Единицы электрических и магнитных величин		
Количество электричества, электрический заряд	кулон	Кл = А · с
Электрическое напряжение, разность потенциалов, ЭДС	вольт	В
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м
Электрическая емкость	фарад	Ф = Кл/В
Электрическое сопротивление	ом	Ом = В/А = 1/См
Удельное электрическое сопротивление	ом · метр	Ом · м = 10^6 Ом · $мм^2$/м
Электрическая проводимость	сименс	См = А/В = 1/Ом
Магнитный поток	вебер	Вб = В · с
Магнитная индукция	тесла	Тл = Вб/$м^2$
Магнитодвижущая сила	ампер	А
Напряженность магн. поля	ампер на метр	А/м
Индуктивность	генри	Гн = Вб/А = Ом · с
Активная мощность электрической цепи	ватт	Вт
Реактивная мощность электрической цепи	вар	вар
Полная мощность электрической цепи	вольт-ампер	В · А
Единицы тепловых величин		
Количество теплоты (энтальпия), термодинамический потенциал	джоуль	Дж
Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг
Теплоемкость системы, энтропия системы	джоуль на кельвин	Дж/К

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
Удельная теплоемкость, удельная энтропия	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг · К)
Тепловой поток	ватт	Вт
Поверхностная плотность теплового потока	ватт на кв. метр	Вт/м^2
Коэффициент теплообмена (теплоотдачи), коэффициент теплопередачи	ватт на кв. метр-кельвин	Вт/(м^2 · К)
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м · К)
Температуропроводность	кв. метр на секунду	м^2/с
Температурный градиент	кельвин на метр	К/м

Кроме температуры Кельвина (обозначение Т), допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где T_0 = 273,15 К по определению. По размеру градус Цельсия равен кельвину. Разность температур Кельвина выражается в кельвинах. Разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

Единицы световых величин

Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Яркость	кандела на кв. метр	кд/м^2

Единицы магнитных величин в системе СГС

Магнитный поток	максвелл, 1 Мкс = 10^{-8} Вб
Магнитная индукция	гаусс, 1 Гс = 10^{-4} Вб/м^2 = 10^{-4} Тл
Магнитодвижущая сила	гильберт, 1 Гб = 10/(4π)А
Напряженность магнитного поля	эрстед, 1 Э = 1/(4π)10^3 А/м

Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Масса: центнер (ц), тонна (т).
Время: мин, ч, сут, нед, мес, год, век. 1 год = 8760 ч.
Площадь: гектар (га).
Объем, вместимость: литр (л).
Скорость: км/ч
Частота вращения: об/с, об/мин.
Работа, энергия: кВт · ч.
Количество электричества: А · ч.
Массовый расход: т/ч, кг/ч.
Объемный расход: м^3/ч.
Удельный расход топлива: г/(кВт · ч).
Содержание веществ в воде: мкг/кг, мг/кг.
Жесткость и щелочность воды: мкг-экв/кг, мг-экв/кг.
Удельная электрическая проводимость: мкСм/см.
Удельное электрическое сопротивление: кОм · см.

Децибел (дБ): 1. Уровень звукового давления p, для которого выполняется соотношение $20 \lg (p/p_0) = 1$, где p_0 — пороговое звуковое давление (порог слышимости), равное 20 мкПа ($2 \cdot 10^{-5}$ Па) при частоте в 1 кГц. 2. Уровень интенсивности (громкости) звука J, для которой выполняется соотношение $10 \lg (J/J_0) = 1$, где J_0 — пороговая интенсивность, равная 10^{-12} Вт/м^2 при той же частоте.

Таблица 1.2. **Единицы ионизирующих излучений и радиоактивности**

Наименование	Единица	Обозначение
Активность радиоактивного вещества (одно ядерное превращение в секунду)	беккерель	Бк
Поглощенная доза излучения	грэй (Дж/кг)	Гр
Мощность поглощенной дозы излучения	грэй в секунду (Вт/кг)	Гр/с
Эквивалентная доза излучения	зиверт	Зв
Экспозиционная доза излучения	кулон/кг	Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы излучения	ампер/кг	А/кг

$Зв = \frac{1\ Гр}{Q}$, где Q — приведенный ниже коэффициент качества в зависимости от вида излучения:

Вид излучения	Q
Рентгеновское и γ-излучение	1
Электроны и позитроны, β-излучение	1
Протоны с энергией < 10 МэВ	10
Нейтроны с энергией < 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1—10 МэВ	10
α-излучение с энергией < 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

До 1/1 1980 г. применялись единицы: 1 кюри (Ки) = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк; 1 рад = 0,01 Гр; 1 рентген (Р) = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг; 1 бэр = 0,01 Зв.

Таблица 1.3. **Соотношения между единицами системы МКГСС и тепловыми единицами, основанными на калории, и единицами системы СИ**

Соотношения между единицами системы МКГСС и основанными на калории и единицами СИ	Соотношения между единицами системы СИ и единицами системы МКГСС и основанными на калории
Единицы массы	
1 кгс · с^2/м = 9,81 кг	1 кг = 0,102 кгс · с^2/м
Единицы силы	
1 кгс = 9,81 Н	1 Н = 0,102 кгс
Единицы давления	
1 кгс/см^2 = 735,6 мм рт. ст. = 1 атм. технич. = 0,9678 атм. физич. = = 0,981 бар = 98066,5 Па = 0,1 МПа (10 м вод. ст.)	1 Н/м^2 = 1 Па = 0,987 · 10^{-5} атм. физич. = 1,02 · 10^{-5} атм. технич. = = 10^{-5} бар = 7,5 · 10^{-3} мм рт. ст. = = 0,102 мм вод. ст.
1,033 кгс/см^2 = 760 мм рт. ст. = = 1 атм. физич. = 1,013 бар = = 1,01 · 10^5 Па	
1 мм рт. ст. = 133,3 Па = = 13,6 мм вод. ст.	1 бар = 0,987 атм. физич. = = 1,02 кгс/см^2 = 1,02 атм. технич. = = 750 мм рт. ст. = 10^5 Па = 0,1 МПа
1 мм вод. ст. = 10^{-4} кгс/см^2 = = 9,81 Па	
Единицы напряжения (механического)	
1 кгс/мм^2 = 9,81 Н/мм^2 = 9,81 МПа	1 Н/мм^2 = 0,102 кгс/мм^2 = 1 МПа
Единицы динамической вязкости	
1 кгс · с/м^2 = 9,81 Н · с/м^2 = 9,81 Па · с = 9,81 кг/(м · с)	1 Н · с/м^2 = 1 кг/(м · с) = 0,102 кгс · с/м^2
Единицы работы и энергии	
1 кгс · м = 9,81 Дж 1 кВт · ч = 3,6 · 10^6 Дж 1 л. с · ч = 2,648 · 10^6 Дж 1 ккал = 4,19 · 10^3 Дж	1 Дж = 1 Н · м = 0,102 кгс · м = = 0,38 · 10^{-6} л. с · ч = 2,78 · · 10^{-7} кВт · ч = 2,39 · 10^{-4} ккал
Единицы мощности	
1 кгс · м/с = 9,81 Вт	1 Вт = 1 Дж/с = 0,102 кгс · м/с = = 1,36 · 10^{-3} л. с. = 0,86 ккал/ч
1 л. с. = 735,5 Вт 1 ккал/с = 4,19 · 10^3 Вт	1 МВт = 0,86 Гкал/ч

Соотношения между единицами системы МКГСС и основанными на калории и единицами СИ	Соотношения между единицами системы СИ и единицами системы МКГСС и основанными на калории
Тепловые единицы	
Количество теплоты	
1 кал = 4,19 Дж; 1 ккал = 4190 Дж 1 кВт · ч = $3{,}6 \cdot 10^6$ Дж 1 Гкал/ч = 1,163 МВт	1 Дж = 0,239 кал = $2{,}39 \cdot 10^{-4}$ ккал 1 кВт · ч = 860 ккал
Удельное количество теплоты	
1 кал/г = 4,19 Дж/г 1 ккал/кг = 4190 Дж/кг	1 Дж/г = 0,239 кал/г 1 Дж/кг = 0,239 ккал/кг
Теплоемкость системы	
1 ккал/°С = 4190 Дж/°С	1 Дж/°С = $0{,}239 \cdot 10^{-3}$ ккал/°С
Удельная теплоемкость, удельная энтропия	
1 ккал (кг · °С) = 4190 Дж/(кг · °С)	1 Дж/(кг · °С) = = $0{,}239 \cdot 10^{-3}$ ккал/(кг · °С)
Тепловой поток	
1 кал/с = 4,19 Вт; 1 ккал/ч = = 1,163 Вт	1 Вт = 0,239 кал/с = 0,86 ккал/ч
Поверхностная плотность теплового потока	
1 кал/(см^2 · с) = 41 900 Вт/м^2 1 ккал.(м^2 · ч) = 1,16 Вт/м^2	1 Вт/м^2 = $0{,}239 \cdot 10^{-4}$ кал/(см^2 · с) = = 0,86 ккал/(м^2 · ч)
Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи	
1 кал/(см^2 · с · °С) = = 41 900 Вт/(м^2 · °С) 1 ккал/(м^2 · ч · °С) = = 1,16 Вт/(м^2 · °С)	1 Вт/(м^2 · °С) = = $0{,}239 \cdot 10^{-4}$ ккал/(см^2 · с · °С) = = 0,86 ккал/(м^2 · ч · °С)
Теплопроводность	
1 кал/(с · см · °С) = 419 Вт/(м · °С) 1 ккал/(ч · м · °С) = = 1,16 Вт/(м · °С)	1 Вт/(м · °С) = 0,239 · · 10^{-2} кал/(с · см · °С) = = 0,86 кал/(ч · м · °С)
Паропроизводительность 1 т/ч = 0,278 кг/с. Удельный расход топлива 1 кг/(кВт · ч) = 277,8 г/МДж; 1 г/МДж = = 0,36 г/(кВт · ч).	
Переводные формулы при определении разности температур	
$t = T - 273{,}15 = 5/9(f - 32)$; t — температура, °С; $T = t + 273{,}15 = 5/9f + 255{,}37$; T — температура, К; $f = 9/5t + 32 = 9/5\ T - 459{,}67$; f — температура, °F (Фаренгейта).	

1.2. Десятичные приставки (кратные и дольные единиц измерения)

Таблица 1.4. **Кратные и дольные единиц измерения**

Приставки	Обозначения		Кратность и дольность	Приставки	Обозначения		Кратность и дольность
	русские	международные			русские	международные	
Экса	Э	E	10^{18}	(Деци)	д	d	10^{-1}
Пета	П	P	10^{15}	(Санти)	с	c	10^{-2}
Тера	Т	T	10^{12}	Милли	м	m	10^{-3}
Гига	Г	G	10^{9}	Микро	мк	μ	10^{-6}
Мега	М	M	10^{6}	Нано	н	n	10^{-9}
Кило	к	k	10^{3}	Пико	п	p	10^{-12}
(Гекто)	г	h	10^{2}	Фемто	ф	f	10^{-15}
(Дека)	да	da	10^{1}	Атто	а	a	10^{-18}

Примечание. В скобках указаны приставки, которые допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например, гектар, декалитр, дециметр, сантиметр).

1.3. Важнейшие физические постоянные (константы)

Таблица 1.5. **Важнейшие физические постоянные**

Наименование	Условное обозначение	Численное значение	Единица
Скорость света в вакууме	c	$2{,}998 \cdot 10^{8}$	м/с
Магнитная постоянная	μ_0	$1{,}256 \cdot 10^{-6}$	Гн/м
Электрическая постоянная	ε_0	$8{,}85 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Абсолютный нуль температуры	T_0	−273,15°	К
Ускорение свободного падения (нормальное)	g	9,81	м/с^2
Гравитационная постоянная	G	$6{,}67 \cdot 10^{-11}$	Н · м^2/кг^2
Постоянная Больцмана	k	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
Постоянная Планка	$h/(2\pi)$	$1{,}05 \cdot 10^{-34}$	Дж · с
Постоянная Стефана—Больцмана	C	$5{,}67 \cdot 10^{-8}$	Вт/(м^2 · К^4)
Универсальная газовая постоянная	R	8,314	Дж/(моль · К)
Энергетический эквивалент массы	—	$8{,}987 \cdot 10^{16}$	Дж/кг
Электрон-вольт	—	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$	Дж

Наименование	Условное обозначение	Численное значение	Единица
Объем 1 моля идеального газа при нормальных условиях	—	22,415	л/моль
Температурный коэффициент расширения идеальных газов	α	0,00366	1/°C
Постоянная (число) Авогадро	N_A	$6{,}022 \cdot 10^{23}$	моль$^{-1}$
Число Лошмидта	N_L	$2{,}687 \cdot 10^{25}$	м$^{-3}$
Постоянная (число) Фарадея (валентность 1)	F	96 484	Кл/моль
Элементарный заряд (заряд электрона)	q	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$	Кл
Отношение заряда электрона к его массе	e/m_e	$1{,}76 \cdot 10^{11}$	Кл/кг
Масса покоя электрона	m_e	$9{,}109 \cdot 10^{-31}$	кг
Масса покоя протона	m_p	$1{,}672 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя нейтрона	m_n	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя мюона	m_μ	$1{,}883 \cdot 10^{-28}$	кг
Отношение масс протона и электрона	m_p/m_n	1836	—

К физическим постоянным можно отнести также:

Технический год = 8760 час.

Технический месяц = 730 час.

1.4. Электрические величины и единицы их измерения

Электрическим током (I) называется направленное движение электрических зарядов (ионов — в электролитах, электронов проводимости — в металлах).

Необходимым условием для протекания электрического тока является замкнутость электрической цепи.

Электрический ток измеряется в амперах (А).

Производными единицами измерения тока являются:

1 килоампер (кА) = 1000 А;

1 миллиампер (мА) = 0,001 А;

1 микроампер (мкА) = 0,000001 А.

Человек начинает ощущать проходящий через его тело ток в 0,005 А. Ток больше 0,05 А опасен для жизни человека.

Электрическим напряжением (U) называется разность потенциалов между двумя точками электрического поля.

Единицей разности электрических потенциалов является вольт (В).

1 В = (1 Вт) : (1 А).

Производными единицами измерения напряжения являются:

1 киловольт (кВ) = 1000 В;
1 милливольт (мВ) = 0,001 В;
1 микровольт (мкВ) = 0,000001 В.

Сопротивлением (*R*) участка электрической цепи называется величина, зависящая от материала проводника, его длины и поперечного сечения.

Электрическое сопротивление измеряется в омах (Ом).

1 Ом = (1 В) : (1 А).

Производными единицами измерения сопротивления являются:

1 килоОм (кОм) = 1000 Ом;
1 мегаОм (МОм) = 1 000 000 Ом;
1 миллиОм (мОм) = 0,001 Ом;
1 микроОм (мкОм) = 0,000001 Ом.

Электрическое сопротивление тела человека в зависимости от ряда условий колеблется от 2000 до 10 000 Ом.

Удельным электрическим сопротивлением (ρ) называется сопротивление проволоки длиной 1 м и сечением 1 мм^2 при температуре 20 °С.

Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной электрической проводимостью (γ).

Мощностью (*P*) называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование энергии, или скорость, с которой совершается работа.

Мощностью генератора называется величина, характеризующая скорость, с которой механическая или другая энергия преобразуется в генераторе в электрическую.

Мощностью потребителя называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование электрической энергии в отдельных участках цепи в другие полезные виды энергии.

Системной единицей мощности в СИ является ватт (Вт). Он равен мощности, при которой за 1 секунду выполняется работа в 1 джоуль:

$$1\ \text{Вт} = \frac{1\ \text{дж}}{1\ \text{сек}}.$$

Производными единицами измерения электрической мощности являются:

1 киловатт (кВт) = 1000 Вт;

1 мегаватт (МВт) = 1000 кВт = 1 000 000 Вт;

1 милливатт (мВт) = 0,001 Вт;

1 лошадиная сила (л. с.) = 736 Вт = 0,736 кВт.

Единицами измерения электрической энергии являются: 1 ватт-секунда (Вт · сек) = 1 дж = (1 Н) · (1 м);

1 киловатт-час (кВт · ч) = $3{,}6 \cdot 10^6$ Вт · сек.

Пример. Ток, потребляемый электродвигателем, присоединенным к сети 220 В, составлял 10 А в течение 15 минут. Определить энергию, потребленную двигателем.

$W = Pt = UIt = 220 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 60 = 1\ 980\ 000$ Вт · сек, или, разделив эту величину на 1000 и 3600, получим энергию в киловатт-часах:

$$W = \frac{1\ 980\ 000}{1000 \cdot 3600} = 0{,}55\ \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Таблица 1.6. **Электрические величины и единицы**

Наименование	Обозначение латинским шрифтом	Единицы измерения	
		Наименование	Обозначение русским шрифтом
Напряжение	U, u	Вольт	В
Электродвижущая сила	E, e	Вольт	В
Ток	I, i	Ампер	А
Сопротивление активное	R, r	Ом	Ом
Сопротивление реактивное	X, x	Ом	Ом
Сопротивление полное	Z, z	Ом	Ом
Мощность активная	P	Ватт	Вт
Мощность реактивная	Q	Вольт-ампер реактивный	вар
Мощность полная	S	Вольт-ампер	В · А
Энергия	W	Ватт-секунда или джоуль	Вт · сек, Дж

1.5. Основные формулы электротехники

Таблица 1.7. **Основные формулы электротехники**

Измеряемые величины	Формулы	Обозначение и единицы измерения
Сопротивление проводника омическое (при постоянном токе)	$r_0 = \rho \frac{l}{s}$	r_0 — омическое сопротивление, Ом; ρ — удельное сопротивление, Ом · мм^2/м; l — длина, м; s — сечение, мм^2
Активное сопротивление при переменном токе	$r = kr_0$	r — активное сопротивление, Ом; k — коэффициент, учитывающий поверхностный эффект, а в магнитных проводниках — также явление намагничивания
Зависимость омического сопротивления проводника от температуры	$r_2 = r_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$	r_2, r_1 — сопротивление проводника в омах соответственно при температуре t_2 и t_1 °С
Индуктивное (реактивное) сопротивление	$X_L = \omega L = 2\pi f L$	X_L — индуктивное сопротивление, Ом; ω — угловая скорость; при частоте f = 50 Гц; ω = 314; X_c — емкостное сопротивление, Ом; f — частота, Гц; L — коэффициент самоиндукции (индуктивность), Гц; C — емкость, Ф; Z — полное сопротивление, Ом
Емкостное (реактивное) сопротивление	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$	
Полное реактивное сопротивление	$X = X_L - X_C$	
Полное сопротивление переменному току	$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}$ или $Z = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	
Емкость пластинчатого конденсатора	$C = \frac{\varepsilon S(n-1)}{4\pi(b \cdot 9 \cdot 10^{11})}$	C — емкость, Ф; S — площадь между двумя электродами, см^2; n — число пластин; ε — диэлектрическая постоянная изоляции; b — толщина слоя диэлектрика, см

Измеряемые величины	Формулы	Обозначение и единицы измерения
Общая емкость цепи: а) при последовательном соединении емкостей б) при параллельном соединении емкостей	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}$. $C = C_1 + C_2 + ... + C_n$	C_1; C_2; C_n — отдельные емкости, Ф
Закон Ома; цепь переменного тока с реактивным сопротивлением	$I = \frac{U}{Z}$ или $I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x^2}}$	I — ток в цепи, А; U — напряжение цепи, В;
1-й закон Кирхгофа (для узла)	$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0$	I_i — токи в отдельных ответвлениях, сходящихся в одной точке, А; $i = 1, 2, ..., n$; E — ЭДС, действующая в контуре, В; r — сопротивление отдельных участков, Ом
2-й закон Кирхгофа (для замкнутого контура)	$\Sigma Ir = \Sigma E$	
Распределение тока в двух параллельных ветвях цепи переменного тока	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$	I_1 — ток первой ветви, А; I_2 — ток второй ветви, А; Z_1 — сопротивление первой ветви, Ом; Z_2 — сопротивление второй ветви, Ом
Закон электромагнитной индукции для синусоидального тока	$E_n = 4{,}44fwBS \cdot 10^{-3}$	E_n — наведенная ЭДС, В; f — частота, Гц; w — число витков обмотки; B — индукция магнитного поля в стали, Тс; S — сечение магнитопровода, см^2
Электродинамический эффект тока для двух параллельных проводников	$F = 2{,}04 i_1 \cdot i_2 \frac{1}{a} 10^{-8}$	F — сила, действующая на l (см) длины проводника, кГ; i_1, i_2 — амплитудные значения токов в параллельных проводниках, А; a — расстояние между проводниками, см; l — длина проводника, см

Измеряемые величины	Формулы	Обозначение и единицы измерения
Подъемная сила электромагнита	$P = \left(\frac{B_з}{5000}\right)^2 \cdot S$	P — подъемная сила, кГ; $B_з$ — индукция в воздушном зазоре; $B_з$ = 1000 Гс (электромагниты для подъема стружки и мелких деталей); $B_з$ = 8000—10 000 Гс (электромагниты для подъема крупных деталей) S — сечение стального сердечника, см^2
Тепловой эффект тока	$Q = 0{,}24I^2rt$ или $Q = 0{,}24UIt$	Q — количество выделяемого тепла, кал; t — время протекания тока, сек; r — сопротивление, Ом;
Химический эффект тока	$A = \alpha It$	A — количество вещества, отложившегося на электроде, мг; α — электрохимический эквивалент вещества
Зависимости в цепи переменного тока при частоте 50 Гц: а) период изменения тока б) угловая скорость	$T = \frac{2\rho}{\omega} = \frac{1}{50} = 0{,}02$ сек $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314$ $\omega T = 2\pi$ [радиан] или 360°	T — период изменения тока, сек; f — частота тока, Гц; ω — угловая скорость
Зависимости токов и напряжений в цепи переменного тока: а) ток в цепи б) напряжение в цепи	$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}$ $I_a = I\cos\varphi$ $I_p = I\sin\varphi$ $U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}$ $U_a = U\cos\varphi$ $U_p = U\sin\varphi$	I — полный ток в цепи, А; I_a — активная составляющая тока, А; $I_р$ — реактивная составляющая тока, А; φ — угол сдвига (град) во времени между током и напряжением в цепи; U — напряжение в цепи, В; U_a — активная составляющая напряжения, В; U_p — реактивная составляющая напряжения, В
Соотношения токов и напряжений в трехфазной системе: а) соединение в звезду б) соединение в треугольник	$I_л = I_ф$ $U_л = \sqrt{3}\,U_ф$ $I_л = \sqrt{3}\,I_ф$ $U_л = U_ф$	$I_л$ — ток линейный, А; $I_ф$ — ток фазный, А; $U_л$ — напряжение линейное, В; $U_ф$ — напряжение фазное, В

Измеряемые величины	Формулы	Обозначение и единицы измерения
Коэффициент мощности	$\cos\varphi = \frac{r}{z} = \frac{U_a}{U} = \frac{I_a}{I} = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{Q^2}{P^2}}}$	P — активная мощность, Вт; Q — реактивная мощность, вар; S — полная мощность, В · А; r — активное сопротивление, Ом; z — полное сопротивление, Ом
Мощность в цепи постоянного тока	$P = UI$ $P = I^2R$ $P = \frac{U^2}{R}$	
Мощность в цепи переменного тока: а) цепь однофазного тока б) цепь трехфазного тока	$P = UI\cos\varphi$ $Q = UI\sin\varphi$ $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$ $P = \sqrt{3}\, UI\cos\varphi$ $Q = \sqrt{3}\, UI\sin\varphi$ $S = \sqrt{3}\, UI$	
Энергия в цепи постоянного тока	$W_a = UIt$ $W_a = I^2Rt$ $W_a = \frac{U^2}{R}t$	$W_а$ — активная энергия, Вт · ч; $W_р$ — реактивная энергия, вар · ч; t — время, ч
Энергия в цепи переменного тока: а) цепь однофазного тока б) цепь трехфазного тока	$W_a = UI\cos\varphi \cdot t$ $W_p = UI\sin\varphi \cdot t$ $W_a = \sqrt{3}\, UI\cos\varphi \cdot t$ $W_p = \sqrt{3}\, UI\sin\varphi \cdot t$	

1.6. Соединения сопротивлений

Таблица 1.8. **Соединения сопротивлений**

Вид соединения	Схема	Общее сопротивление	Напряжение	Ток
Последовательное		$R = R_1 + R_2 + R_3$	$U = U_1 + U_2 + U_3$	$I = \frac{U}{R}$
Параллельное		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ или $g = g_1 + g_2 + g_3$	$U = IR$	$I = I_1 + I_2 + I_3$
Параллельное (для двух сопротивлений)		$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	$U = IR$	$I = I_1 + I_2$
Примечание. Выражение вида $\frac{1}{R}$ представляют собой проводимости g.				

1.7. Преобразование треугольника в звезду и звезды в треугольник

Таблица 1.9. **Преобразование треугольника в звезду и звезды в треугольник**

Вид преобразования	Преобразуемая схема	Преобразованная схема	Расчетные формулы
Треугольник в звезду			$R_1 = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_6}$ $R_2 = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_4 + R_5 + R_6}$ $R_3 = \frac{R_4 \cdot R_6}{R_4 + R_5 + R_6}$

Вид преобразования	Преобразуемая схема	Преобразованная схема	Расчетные формулы
Звезда в треугольник	R_1, R_2, R_3	R_4, R_5, R_6	$\frac{1}{R_4} = g_4 = \frac{g_1 \cdot g_3}{g_1 + g_2 + g_3}$ $\frac{1}{R_5} = g_5 = \frac{g_1 \cdot g_2}{g_1 + g_2 + g_3}$ $\frac{1}{R_6} = g_6 = \frac{g_2 \cdot g_3}{g_1 + g_2 + g_3}$

1.8. Расчетные формулы для цепей переменного тока

Таблица 1.10. **Расчетные формулы для цепей переменного тока**

Вид нагрузки	Схема	Векторная диаграмма	Полное сопротивление цепи
Активное сопротивление	u, I, R	0, u, I	$R = \frac{U}{I}$
Индуктивное сопротивление	u, I, X_L	u, 0, I	$X_L = \omega L$
Емкостное сопротивление	u, I, X_C	I, 0, u	$X_C = \frac{1}{\omega C}$

Продолжение табл. 1.10

Вид нагрузки	Схема	Векторная диаграмма	Полное сопротивление цепи
Последовательное соединение			
Активное и индуктивное сопротивления			$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ или $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$
Активное и емкостное сопротивления			$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ или $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
Активное, индуктивное и емкостное сопротивление			$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ или $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
Параллельное соединение			
Активное и индуктивное сопротивления			$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + (X_L)^2}}$ или $Z = \frac{R \cdot \omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$
Активное и емкостное сопротивления			$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2 X_C^2}}$ или $Z = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2 \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

1.9. Краткие сведения по электротехническим материалам

Таблица 1.11. **Металлы (чистые) для проводниковых и контактных материалов и составных частей сплавов**

Наименование металла	Плотность, кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельное сопротивление ρ, мкОм · м	Температурный коэффициент удельного сопротивления, 10^{-3} 1/°С	Удельная теплоемкость, Дж/(кг · °С)	Теплопроводность, Вт/(м · °С)	Теплота плавления, кДж/кг	Температурный коэффициент линейного расширения, 10^{-6} 1/°С	Работа выхода электрона, эВ	Модуль упругости, ГПа
Алюминий (Al)	2700	660	0,0265	4,1	923	218	397	21	4,2	71
Бериллий (Be)	1840	1280	0,041	6,6	1800	184	1387	12	3,9	287
Вольфрам (W)	19 300	3400	0,055	5	142	167	191	4,4	4,5	407
Железо (Fe)	7870	1540	0,097	3,8	453	73	278	10,7	4,3	211
Золото (Au)	19 300	1063	0,0225	3,9	134	312	65	14	4,3	77
Кадмий (Cd)	8650	321	0,074	4,2	231	93	57	29	4,1	62
Магний (Mg)	1740	650	0,045	4	1040	170	368	27	3,6	44
Медь (Cu)	8920	1083	0,0168	4,3	386	406	205	16,6	4,4	129
Молибден (Mo)	10 200	2620	0,05	4,3	272	150	288	5,3	4,3	294
Никель (Ni)	8960	1453	0,068	6,7	440	75	303	13,2	4,5	196
Ниобий (Nb)	8570	2500	0,15	3,9	268	50	—	7,2	4	100
Олово (Sn)	7290	232	0,113	4,5	226	63	59	23	4,4	54
Платина (Pt)	21 450	1770	0,108	3,9	134	71	111	9,5	5,3	170
Свинец (Pb)	11 340	327	0,19	4,2	130	35	23	28,3	4	16
Серебро (Ag)	10 490	961	0,015	4,1	235	453	104	18,6	4,3	80
Титан (Ti)	4520	1670	0,47	5,5	550	22	—	8,1	3,9	104
Хром (Cr)	7190	1900	0,13	2,4	462	89	281	6,2	4,6	245
Цинк (Zn)	7140	420	0,059	4,1	336	113	111	30	4,2	92
Цирконий (Zr)	6500	1855	0,41	4,4	277	30	219	6,3	3,9	68

Таблица 1.12. **Классы по нагревостойкости электроизоляционных материалов для электрических машин, трансформаторов и аппаратов**

Обозначение класса нагревостойкости	t, характеризующая нагревостойкость материалов данного класса, °C	Краткая характеристика основных групп электроизоляционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
Y	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал, и т. п.
A	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка или натурального, искусственного и синтетического шелка, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляционный материал, и т. п.
E	120	Синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы, компаунды и др.) и т. п.
B	130	Материалы на основе слюды (в том числе и на органических подложках), асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами, и т. п.
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами, и т. п.
H	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами, кремнийорганические эластомеры и т. п.
C	Выше 180	Слюда, керамические материалы, фарфор, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами, и т. п.

Таблица 1.13. **Электроизоляционные материалы**

Наименование материала	Плотность, кг/м^3	ρ, Ом · м	ε при 50 Гц	tg δ при 50 Гц	$E_{проб}$, МВ/м	Предел прочности, МПа		Теплопроводность, Вт/(м · °С)
						при растяжении	при статическом изгибе	
Асботекстолит	1600	10^7	7,5	0,2—0,5	1,75	75	95	—
Винипласт	1350	10^{10}	3,5	0,03	25	50	160	0,18
Гетинакс (I)	1400	10^9	7	0,05	20	80	100	0,17
Дельта-древесина	1350	10^9	7	0,06	7,5	140	180	0,17
Картон электроизоляционный	950	10^8	—	—	45	40	—	—
Миканит коллекторный	2500	10^{11}	—	0,02	19	—	—	0,32
Поливинилхлорид	1250	10^{11}	6	0,07	10	15	—	0,12
Поликапролактам (капрон)	1140	10^{11}	4	0,02	17	55	75	0,08
Полиметилметакрилат	1190	10^{11}	3,7	0,06	50	70	60	0,17
Полистирол	1060	10^{15}	2,5	0,005	25	35	85	0,12
Полиуретан	1200	10^{12}	4,5	0,001	22	55	70	0,28
Полиформальдегид	1430	10^{12}	4	0,003	21	70	100	—
Полиэтилен ВД	940	10^{15}	2,3	0,004	45	15	5	0,32
Резина кабельная	—	10^{13}	3,4	0,02	40	6	—	—
Стеклотекстолит	1600	10^{10}	8	0,08	10	70	95	0,18
Совол	1560	10^{12}	4,1	0,02	50 кВ*	—	—	0,09
Совтол	1540	10^{11}	4,5	0,01	50 кВ*	—	—	—
Текстолит	1375	10^9	7	0,07	10	60	90	0,15
Фибра листовая	1100	10^{10}	—	—	7	7	10	1,3
Фторопласт	2140	10^{16}	2,8	0,0001	30	35	70	0,07
Электрофарфор	2200	10^{11}	7	0,023	38	40	80	1,5
Эпоксидная смола (ЭД-20)	—	10^{11}	—	0,015	45	—	—	—

*В стандартном разряднике.

Таблица 1.14. **Характеристика металлических проводниковых материалов**

Наименование материала	Удельный вес, г/см^3	Θ плавления, °C	Удельное сопротивление, Ом·мм^2/м	Область применения
Алюминий	2,7	660	0,026—0,028	Провода, кабели, шины
Альдрей	2,7	1100	0,030—0,032	То же
Бронза	8,3—8,9	900—1000	0,021—0,05	Кадмиевая для контактов, фосфоритовая — для пружин
Вольфрам	19—20	3400	0,054	Нити ламп накаливания, нагревостойкие электроды в лампах, контакты
Золото	19,3	1063	0,022	Контакты в сплавах с серебром
Латунь	8,4—8,7	960	0,031—0,079	Контакты, зажимы
Медь	8,7—8,9	1083	0,017—0,018	Провода, кабели, шины
Молибден	10,2	2600	0,050	Электровакуумная техника (аноды, крючки и сетки электронных ламп)
Никель	8,9	1452	0,07—0,08	Катоды, аноды, сетки электронных ламп
Олово	7,3	232	0,002—0,12	Припои при лужении и пайке. Фольга для электродов
Платина	21,4	1773	0,09—0,1	Термопары, нагреватели печей, контакты электроприборов
Ртуть	13,5	−38,9	0,958	Электроды в терморегуляторах и выпрямителях
Сталь	7,8	1500	0,10—0,14	Провода, кабели и шины, конструкционный материал
Серебро	10,5	960	0,016	Контакты приборов и аппаратов
Свинец	11,34	327	0,22	Вставки предохранителей, пластины аккумуляторов, защитные оболочки кабелей
Цинк	7,1	430	0,054—0,062	Антикоррозийные покрытия, контакты
Чугун	7,2—7,6	1200	0,40—0,50	Сопротивление реостатов. Конструкционный материал

Т а б л и ц а 1.15. **Характеристика сплавов высокого удельного сопротивления**

Наименование сплава	Плотность, г/см^3	Θ плавления, °C	Удельное сопротивление при 20°, Ом · мм^2/м	Температурные коэффициенты: сопротивления при 20°	Температурные коэффициенты: линейного расширения	Наибольшая рабочая температура, град	Область применения
Константан	8,8	1265	0,45—0,50	$5 \cdot 10^{-6}$	$(1,2—1,4) \cdot 10^{-5}$	450	Реостаты и добавочные сопротивления приборов низкого класса точности, нагревательные элементы с температурой до 450°. Термоэлектроды в паре с медью и железом
Манганин	8,1—8,4	950	0,45—0,50	$(3—6) \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	250—300	Эталонные и образцовые сопротивления, магазины сопротивления высокого класса точности
Нейзильбер	8,3—8,5	1050	0,30—0,45	$30 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	200—250	Реостаты
Нихром (Х25Н60)	8,2	1380	1,1	$0,17 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	1000	Лабораторные и промышленные печи с рабочей температурой до 900°
Нихром (Х20Н80)	8,4	1400	1,2	$0,15 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1050	То же с рабочей температурой до 1000°
Фехраль (Х13Ю14)	7,3	1460	1,25	$0,05 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	850	Бытовые нагревательные приборы и промышленные печи с рабочей температурой до 650°
Нихром (Х200Т)	8,0	1525	1,5	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1200	Промышленные печи с рабочей температурой до 1150°
Нихром (Х20Н80Т3	8,0	1525	1,25	$0,08 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	1200	То же
(ЭИ595)	7,27	—	1,38	$0,07 \cdot 10^{-3}$	—	1200	Промышленные печи
(ЭИ626)	7,2	—	1,43	$0,035 \cdot 10^{-3}$	—	1300	То же
Хромель	7,1	1500	1,45	$0,04 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	1200	“

Таблица 1.16. **Материалы для контактов**

Наименование материала	Плотность, г/см^3	Θ плавления, °C	Предельный ток при 110 В, А	Характеристика контактов	Область применения
Вольфрам	19,1—20,1	3400	1,7	Не свариваются, малая эрозия, требуют больших контактных давлений (0,6—1 кг)	Реле, регуляторы, магнето и другие аппараты с большой частотой включения
Вольфрам—молибден	19,1—20,1	3000—3100	1,7	То же	То же при большой частоте включения и больших токах
Вольфрам—никель	19,1—20,1	1500	1,7	“	То же
Молибден	10,2	2500	0,5	“	Магнето, регуляторы, выпрямители
Медь	8,7—8,8	1083	0,5	Умеренная эрозия, свариваются, тускнеют и окисляются	Выключатели большой мощности в воздушной среде и минеральном масле
Платина—иридий	21,6	1780	0,6—0,7	Малая эрозия, большое сопротивление, коррозия	Особо ответственные контакты, реле для термостатов
Серебро	10,5	960	0,6	Свариваемость и эрозия при больших токах	Широко применяемый материал в аппаратах малой мощности
Серебро—кадмий	10,3	900	0,6	Не свариваются, равномерный износ	Пускатели, выключатели большой мощности
Серебро—медь	10,3	965	—	Значительно тверже серебра и значительная устойчивость износа	Реле и аппараты для автомобильного и самолетного оборудования
Серебро—платина	—	720	—	То же	То же
Серебро—окись кадмия	9,3	900	—	Очень высокая твердость, допускают большие токи. Не свариваются и имеют малый износ	Контакты в электрических аппаратах большой мощности (контакторы, выключатели, сварочные аппараты)

Таблица 1.17. **Приближенные величины токов плавления проволоки различных сечений из разных металлов**

Ток плавления, А	Диаметр проволоки, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Сталь	Олово	Свинец
1	0,039	0,066	0,065	0,132	0,183	0,210
5	0,180	0,193	0,250	0,345	0,530	0,600
10	0,250	0,305	0,390	0,550	0,850	0,950
15	0,320	0,400	0,520	0,720	1,02	1,25
20	0,390	0,485	0,620	0,870	1,35	1,52
25	0,460	0,500	0,730	1,000	1,56	1,75
30	0,52	0,64	0,81	1,15	1,77	1,98
40	0,63	0,77	0,99	1,38	2,14	2,44
50	0,73	0,89	1,15	1,60	2,45	2,78
60	0,82	1,00	1,30	1,80	2,80	3,15
70	0,91	1,10	1,43	2,00	3,10	3,50
80	1,00	1,22	1,57	2,20	3,40	3,80
90	1,08	1,32	1,69	2,38	3,65	4,10
100	1,15	1,42	1,82	2,55	3,90	4,40
120	1,31	1,60	2,05	2,85	4,45	5,00
160	1,59	1,94	2,28	3,20	4,90	5,50
180	1,72	2,10	2,69	3,70	5,80	6,50
200	1,84	2,25	2,89	4,05	6,26	7,00
225	1,99	2,45	3,15	4,40	6,75	7,60
250	2,14	2,60	3,35	4,70	7,25	8,10
275	2,20	2,80	3,55	5,00	7,70	8,70
300	2,40	2,95	3,78	5,30	8,20	9,20

Примечание. Длина проволоки принята 5—10 см в зависимости от диаметра.

Таблица 1.18. **Электрические характеристики электроизоляционных материалов**

Наименование материала	Удельный вес, г/см³	Электрическая прочность, кВ/мм при 20 °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Класс нагревостойкости	Область применения
Асбест	2,3—2,6	2,4—4,6	10^{10}	В	Электромашино- и аппаратостроение, изоляция проводов
Бакелит (гетинакс)	1,2—1,3	10—40	10^{10}—10^{12}	А	Электромашино- и аппаратостроение

Наименование материала	Удельный вес, г/см^3	Электрическая прочность, кВ/мм при 20 °С	Удельное сопротивление, Ом · см	Класс нагревостойкости	Область применения
Бумага телефонная	0,8	6—9	10^{11}—10^{13}	A	Изоляция обмоток и кабелей
Битум	1,0	25	10^{14}	A	
Дерево:					
дуб	0,9	4—7	10^{12}	A	Электромашино-
береза	0,69	3—5	10^{10}	A	и аппаратостроение
бук	0,73	5—6	10^{11}	A	То же
Канифоль	1,0—1,3	10—15	10^{11}—10^{14}	A	"
Карболит	1,3	13	$5 \cdot 10^{12}$	B	"
Лакоткани	1,1—1,35	20—70	10^{12}—10^{13}	A, B	Электромашиностроение
Миканит	2,2	15—20	10^{15}	B	Электромашино- и аппаратостроение
Мрамор	2,7	3,5—5,5	10^{9}—10^{10}	B, C	
Масло трансформаторное	0,85—0,89	15—20	10^{12}—10^{13}	C	То же
Парафин	0,85—0,92	15—30	10^{15}—10^{16}	—	"
Пробка	0,16—0,4	—	—	—	"
Пресшпан	0,9—1,3	8—10	10^{9}—10^{13}	A, B	"
Пряжа хлопчатобумажная	1,0	3—5	—	A	Провода
Полихлорвинил	1,2—1,6	6—15	10^{12}—10^{14}	A, B	"
Резина	1,7—2,0	15—25	10^{14}—10^{16}	A	Провода
Слюда	2,7—2,9	100—175	10^{14}—10^{15}	B, C	Электромашино- и аппаратостроение
Стекло	2,5—2,7	10—40	10^{11}—10^{15}	C	То же
Фибра	1,2—1,4	4—11	10^{10}	B	"
Фарфор	2,3—2,7	6,0—10,0	10^{14}—10^{15}	C	"
Шеллак	1,0	15,0	10^{15}—10^{16}	B	"
Шифер	2,7—2,9	0,5—1,5	10^{8}—10^{9}	C	"
Целлулоид	1,45	10—15	$2 \cdot 10^{10}$	B	"
Эбонит	1,15—1,3	8—10	10^{17}—10^{18}	B	"

Таблица 1.19. **Жаростойкие и жароупорные сплавы высокого сопротивления**

Марка сплава	Оптимальная рабочая t, °С	Лента холоднокатаная		Сортовой прокат горячекатаный		Проволока холоднотянутая	Прутки горячекатаные
		Толщина, мм	Ширина, мм	Диаметр, мм	Сторона квадрата, мм	Диаметр, мм	
Х13Ю4	900	0,2—3,2	6—80	1,2—3,2	20—200	0,2—7,5	13—30
Х15Ю5	950					0,2—7,5	13—30
Х23Ю5Т	1350					0,3—7,5	13—25
Х23Ю5	1150					0,3—7,5	13—25
Х27Ю5Т	1300					0,5—5,5	13—25
Х25Н20	900	—	—	—	—	0,2—7,5	13—25
Х15Н60	950	0,1—3,2	6—250	0,1—3,2	6—250	0,3—7,5	13—16
Х15Н60-Н	1050					0,1—7,5	
Х20Н80	1050					0,4—7,5	
Х20Н80-Н	1150					0,1—7,5	
ХН70Ю	1175	—	—	—	5	1—7	13—25

Примечания: 1. Холоднокатаная лента выпускается следующей ширины, мм: 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16;18; 20; 25; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 60; 80.

2. Удельное эл. сопротивление при 20 °С, Ом · мм^2/м: сплавов марок: Х13Ю4 1,18—1,34; Х15Ю5 1,24—1,34; Х23Ю5 1,3—1,4; Х23Ю5Т 1,34—1,45; Х27Ю5Т 1,37—1,47; Х25Н20 0,83—0,96; Х15Н60 1,06—1,16 (диаметром до 3 мм); Х15Н60-Н 1,07—1,17 (диаметром выше 3 мм); Х20Н80 1,04—1,15 (диаметром до 3 мм); Х20Н80-Н 1,06—1,17 (диаметром выше 3 мм); ХН70Ю 1,25—1,35.

3. Обозначение элементов, входящих в состав сплавов: Н — никель, Х — хром, Ю — алюминий, Т — титан; число после букв — примерное содержание данного элемента, % по массе.

Таблица 1.21. **Значения влагопоглощаемости и нормируемой температуры основных электроизоляционных материалов**

Материал	Влагопоглощаемость за 24 ч, %	Нормируемая температура, °С
Асбест	2—4	600 (наибольшая допустимая)
Асбоцемент	15—20	250 (нагревостойкость)
Битумы	—	30—130 (размягчение)
Бумаги	7—10	110 (нагревостойкость)
Гетинакс	2	150—180 (нагревостойкость)
Лакоткани	3,6—8	105 (нагревостойкость)
Масло транформаторное	—	135—145 (вспышка)
Текстолит	2	135—150 (нагревостойкость)

При ремонтных и электромонтажных работах широко применяют электроизоляционные лаки и лакоткани. К числу наиболее распространенных относятся: битумно-покровный лак БТ577 (бывший № 177), масляно-битумные БТ987 и БТ98.0, глифталево-маслянный ГФ-95, электроизоляционные и полупроводящие ленты ЛХМ и ЛСК, особенно ленты на основе кремнийорганических каучуков марок ЛЭТСАР-А и ЛЭТСАР-Б (электроизоляционная, термостойкая, самосклеивающаяся). Эти ленты имеют высокие электрические и физико-механические свойства — повышенную теплоустойчивость (до 150 °С) и устойчивость к воздействию агрессивных сред.

Таблица 1.22. **Электроизоляционные лаки**

Наименование, марка	Растворитель и разбавитель	Общая характеристика и область применения
Лак электроизоляционный пропиточный БТ-987	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Влаго- и теплостойкий, противостоит слабым кислотам и щелочам, немаслостойкий. Применяется для пропитки секций машин, катушек аппаратов и покраски бетонных реакторов

Наименование, марка	Растворитель и разбавитель	Общая характеристика и область применения
То же, БТ-988	То же	То же
То же, БТ-980	То же	То же, но для покрытия и пропитки обмоток электрических машин и катушек аппаратов, работающих в воздухе с повышенной влажностью.
Лак электроизоляционный покровный БТ-99	Ксилол, сольвент или семь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Прочный, эластичный, не маслостойкий, влагоупорный. Применяется при изготовлении составной изоляции, склейке якорей, для покрытия пропитанных обмоток статоров
Лак электроизоляционный пропиточный ГФ-95	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Масло- и влагостойкий, механически прочный. Применяется для пропитки обмоток машин, аппаратов, трансформаторов, лакотканей и бумаги с изоляцией класса нагревостойкости В
Лак электроизоляционный пропиточный ФЛ-97	Ксилол, толуол или сольвент	Масло-, термо и влагостойкий. Для пропитки обмоток электродвигателей с изоляцией класса нагревостойкости В
Лак электроизоляционный МЛ-92	Толуол, ксилол или смесь одного из них с уайт-спиритом (3 : 1)	Масло- и нагревостойкий. Применяется для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов и изоляционных деталей класса нагревостойкости В
Лаки бакелитовые ЛБС-1 и ЛБС-2	Спирт этиловый, денатурат или сырец	Масло- и теплостойкие. Применяются для склейки, пропитки и покрытия бакелитовых изделий

Таблица 1.23. **Электроизоляционные лакоткани**

Вид и марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Характерные свойства и условия применения
Масляная хлопчатобумажная ЛХМ-105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная хлопчатобумажная ЛХМС-105	0,17; 0,2	С повышенными электрическими свойствами. Применение то же. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная хлопчатобумажная ЛХММ-105	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем трансформаторном масле

Продолжение табл. 1.23

Вид и марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Характерные свойства и условия применения
Битумно-масляная хлопчатобумажная ЛХБ-105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная шелковая ЛШМ-105	0,8; 0,1; 0,12	С малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры. Применение то же
Масляная шелковая ЛШМС-105	0,06; 0,1; 0,12; 0,15	То же, с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная капроновая ЛКМ-105	0,1; 0,12; 0,15	С повышенной эластичностью, для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
То же ЛКМС-105	0,1; 0,12; 0,15	То же, с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная ЛСМ-105/120	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная ЛСММ-105/120	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем (до 105 °С) трансформаторном масле
Битумно-масляная алкидная ЛСБ-120/130	0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при повышенной влажности (относительная влажность 95 ± 2 % при 20 ± 2 °С)
Полиэфирно-эпоксидная ЛСП-130/155	0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17	То же
Кремнийорганическая резиновая ЛСКР-180	0,12; 0,15; 0,2	То же
Кремнийорганическая пигментированная ЛСК-1, ЛСК-2	0,12; 0,15; 0,2	Для работы на воздухе при температуре до 180 °С и повышенной влажности (включая тропическую)
ЛСК-5	0,12; 0,15; 0,2	Полупроводящая, для работы на воздухе при температуре до 180 °С
Эскапоновая с липким слоем ЛСЭП, ЛСЭПЛМ	0,14; 0,17; 0,19	Применяются для изоляции электрических машин и аппаратов взамен микаленты, липкий слой нанесен с двух сторон
Кремнийорганическая липкая ЛСКЛ-155	0,12; 0,15	Хорошо склеивается при нагревании, класс нагревостойкости *F*
Полиэфирноэпоксидная самосклеивающаяся, термореактивная ЛСТР	0,16; 0,18; 0,2	Применяются для основной изоляции электрических машин низкого напряжения, класс нагревостойкости *F*
Кремнийорганическая самослипающаяся резиностеклоткань ЛЭТАР-А, ЛЭТСАР-Б	0,25	Самосклеивается при нормальной температуре 20—25 °С, а также при нагревании в течение 3 ч при 150 °С, класс нагревостойкости *H*

1.10. Электрические измерения

Общие сведения

В системах электроснабжения измеряют ток (*I*), напряжение (*U*), активную и реактивную мощности (*P*, *Q*), электроэнергию (*Ph*, *Qh* или $W_а$, $W_р$), активное, реактивное и полное сопротивление (*R*, *X*, *Z*), частоту (*f*), коэффициент мощности (cosφ); при энергоснабжении измеряют температуру (Θ), давление (*p*), расход энергоносителя (*G*), тепловую энергию (*E*), перемещение (*X*) и др.

В условиях эксплуатации обычно используют методы непосредственной оценки для измерения электрических величин и нулевой — для неэлектрических величин.

Электрические величины измеряют электроизмерительными приборами.

Электроизмерительным прибором называется устройство, предназначенное для измерения электрической величины, например, напряжения, тока, сопротивления, мощности и т. д.

По принципу действия и конструктивным особенностям приборы бывают: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, индукционные, вибрационные и другие. Электроизмерительные приборы классифицируются также по степени защищенности измерительного механизма от влияния внешних магнитных и электрических полей на точность его показаний, по способу создания противодействующего момента, по характеру шкалы, по конструкции отсчетного устройства, по положению нулевой отметки на шкале и другим признакам.

На шкале электроизмерительных приборов нанесены условные обозначения, определяющие систему прибора, его техническую характеристику.

Измерение электрической энергии, вырабатываемой генераторами или потребляемой потребителями, осуществляется счетчиками.

Для измерения электрической энергии переменного тока в основном применяют счетчики с измерительным механизмом индукционной системы и электронные.Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называют *погрешностью измерения*.

Точность измерения — качество измерения, отражающее близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малой погрешности.

Погрешность измерительного прибора — разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

Результат измерения — значение величины, найденное путем ее измерения.

При однократном измерении показание прибора является результатом измерения, а при многократном — результат измерения находят путем статистической обработки результатов каждого наблюдения. По точности результатов измерения подразделяют на три вида: *точные* (прецизионные), результат которых должен иметь минимальную погрешность; *контрольно-поверочные*, погрешность которых не должна превышать некоторого заданного значения; *технические*, результат которых содержит погрешность, определяемую погрешностью измерительного прибора. Как правило, точные и контрольно-поверочные измерения требуют многократных наблюдений.

По способу выражения погрешности средств измерений разделяют на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность ΔA – разность между показанием прибора А и действительным значением измеряемой величины $A_д$.

$$\Delta A = A - A_д$$

Относительная погрешность β_A — отношение абсолютной погрешности ΔA к значению измеряемой величины А, выраженное в процентах:

$$\beta_A = \pm\frac{\Delta A}{A}100\,.$$

Приведенная погрешность γ (в процентах) — отношение абсолютной погрешности ΔA к нормирующему значению $A_{ном}$:

$$\gamma = \pm\frac{\Delta A}{A_{ном}}100$$

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений. Для приборов с двухсторонней шкалой, т. е. с отметками шкалы, расположенными по обе стороны от нуля, оно равно арифметической сумме конечных значений диапазона измерений. Для приборов с логарифмической или гиперболической шкалой нормирующее значение равно длине всей шкалы.

Таблица 1.20. **Классы точности* средств измерений**

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5**	0,5**
2,5	0,5	1,0	1,0***

*Класс точности численно равен наибольшей допустимой приведенной основной погрешности, выраженной в процентах.

**Допускается 1,0.

***Допускается 3,0.

Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям (ПУЭ):

1) класс точности измерительных приборов должен быть не хуже 2,5;

2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в табл. 1.20.;

3) пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

Учет активной электрической энергии должен обеспечивать определение количества энергии: выработанной генераторами ЭС; потребленной на с. н. и хозяйственные нужды (раздельно) ЭС и ПС; отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин ЭС непосредственно к потребителям; переданной в др. энергосистемы или полученной от них; отпущенной потребителям из электрической сети. Кроме того, учет активной электрической энергии должен обеспечивать возможность: определения поступления электрической энергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы; составления балансов электрической энергии для хозрасчетных подразделений энергосистемы; контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электрической энергии.

Учет реактивной электрической энергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электрической энергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим

данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

Измерение постоянного тока в цепях: генераторов постоянного тока и силовых преобразователей; АБ, зарядных, подзарядных и разрядных устройств; возбуждения СГ, СК, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

В цепях трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

для ТГ 12 МВт и более; для ВЛ с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме; в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы ВЛ 330 кВ и выше с трехфазным управлением; для дуговых электропечей.

Измерение напряжения должно производиться:

1. На секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать раздельно. Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения. На ПС напряжение допускается измерять только на стороне НН, если установка ТН на стороне ВН не требуется для других целей.

2. В цепях генераторов постоянного и переменного тока, СК, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или др. агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна.

3. В цепях возбуждения СМ от 1 МВт и более.

4. В цепях силовых преобразователей, АБ, зарядных и подзарядных устройств.

5. В цепях дугогасящих катушек.

В трехфазных сетях производится измерение, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех меж-

дуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжения одним прибором (с переключением).

Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) ЭС и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

Контроль изоляции. В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением). Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

Измерение мощности. 1. Генераторов активной и реактивной мощности.

При установке на ТГ 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не ниже 1,0.

ЭС 200 МВт и более — суммарной активной мощности.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность ЭС менее 200 МВт при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления.

2. Конденсаторных батарей 25 Мвар и более и СК реактивной мощности.

3. Трансформаторов и линий, питающих с. н. 6 кВ и выше ЭС, активной мощности.

4. Повышающих двухобмоточных трансформаторов ЭС — активной и реактивной. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки НН) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны СН и НН. Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны НН следует производить в цепи генератора.

5. Понижающих трансформаторов 220 кВ и выше — активной и реактивной, 110—150 кВ — активной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточых трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны НН, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов — со стороны СН и НН.

На ПС 110—220 кВ без выключателей на стороне ВН измерение мощности допускается не выполнять.

6. Линий 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей —активной и реактивной мощности.

7. На других элементах ПС, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

Должна производиться регистрация: активной мощности ТГ 60 МВт и более; суммарной мощности ЭС (200 МВт и более).

Измерение частоты: 1. На каждой секции шин генераторного напряжения.

2. На каждом ТГ блочной ЭС или АЭС.

3. На каждой системе (секции) шин ВН ЭС.

4. В узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

Регистрация частоты или ее отклонения от заданого значения должна производиться: на ЭС 200 МВт и более; на ЭС 6 МВт и более, работающих изолированно.

Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на ЭС, участвующих в регулировании мощности, должно быть не более ± 0,1 Гц.

Измерения при синхронизации. Для измерения при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроноскоп.

Регистрация электрических величин в аварийных режимах. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистем должны предусматриваться автоматические осциллографы. Расстановка автоматических осциллографов на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров производятся по указаниям ПУЭ.

Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы.

Таблица 1.21. **Характеристика измерительных приборов**

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
	Магнитоэлектрический (М) Логометр (М)	— —	$\alpha = CI$ $\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$	A, V R	C — постоянная I_1, I_2 — токи катушек
	Электромагнитный (Э) Логометр (Э)	≂ ≂	$\alpha = F(\alpha)I^2$ $f(a) = \frac{I_1}{I_2}$	A, V φ	 I_1, I_2 — токи катушек
	Электродинамический (Д) Логометр (Д)	≂ ≂	$\alpha = F(\alpha)I_1I_2$ $\alpha = F(\alpha)I_1I_1\cos\psi$ $f(\alpha) = \frac{I_2\cos\psi}{I_1\cos\psi}$	A, V, P A, V, P	I_1, I_2 — токи катушек $\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$ $\psi_1 = (\bar{I}_1, I)$, $\psi_2 = (\bar{I}_2, I)$ I — ток неподвижной катушки
	Ферродинамический (Д) Логометр (Д)	≂ ≂	$a = CI_1I_2\cos\varphi$ $F(\alpha) = \frac{I_2\cos\psi}{I_1\cos\psi}$	A, V, P φ, f	$\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$ $\psi_1 = (\bar{I}_1, I)$, $\psi_2 = (\bar{I}_2, I)$ I — ток неподвижной катушки
	Индукционный (И) Логометр (И)	≂ ≂	$N = C \cdot Ph$ $N = C \cdot Qh$	Ph, Qh P, Q	N — обороты диска

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
⫪	Электростатический (С)	≂	$\alpha = F(\alpha)U^2$	V	—
⩗	Тепловой (Т)	≂	$\alpha = CI^2$	A, V	
⋂ ⊣⊢	Выпрямительный (В)	≂	$\alpha = CI$	A, V	

Краткая характеристика измерительных приборов

Современные промышленные предприятия и жилищно-коммунальные хозяйства характеризуются потреблением различных видов энергии: электроэнергии, тепла, газа, сжатого воздуха и др. Для наблюдения за режимом потребления энергии необходимо измерять и регистрировать электрические и неэлектрические величины с целью дальнейшей обработки информации.

В электроснабжении измеряют ток (I), напряжение (U), активную и реактивную мощности (P, Q), электроэнергию (W), активное, реактивное и полное сопротивления (R, X, Z), частоту (f), коэффициент мощности ($\cos\varphi$); в энергоснабжении — температуру (Θ), давление (p), расход энергоносителя (G), тепловую энергию (E), перемещение (X) и др.

Номенклатура приборов, используемых в энергоснабжении для измерения электрических и неэлектрических величин, весьма разнообразна как по методам измерений, так и по сложности преобразователей. Наряду с методом непосредственной оценки часто используют нулевой и дифференциальный методы, повышающие точность.

Ниже дана краткая характеристика измерительных приборов по принципу действия.

Магнитоэлектрические приборы имеют высокую чувствительность, малое потребление тока, плохую перегрузочную способность, высокую точность измерений. Амперметры и вольтметры имеют линейные шкалы, и используются часто как образцовые приборы, имеют малую чувствительность к внешним магнитным полям.

Электромагнитные приборы имеют невысокую чувствительность, значительное потребление тока, хорошую перегрузочную

способность, невысокую точность измерений. Шкалы не линейны и линеаризуются в верхней части специальным выполнением механизма. Чаще используются как щитовые технические приборы, просты и надежны в эксплуатации; чувствительны к внешним магнитным полям.

Электродинамические и *ферродинамические* приборы обладают невысокой чувствительностью, большим потреблением тока, чувствительностью к перегрузкам, высокой точностью. У амперметров и вольтметров — нелинейные шкалы. Важной положительной особенностью являются одинаковые показания на постоянном и переменном токах, что позволяет поверять их на постоянном токе. Чаще они используются как лабораторные приборы.

Приборы индукционной системы характеризуются невысокой чувствительностью, существенным потреблением тока, нечувствительностью к перегрузкам. Преимущественно они служат счетчиками энергии переменного тока. Такие приборы выпускаются одно-, двух- и трехэлементными для работы в цепях однофазных, трехфазных трехпроводных, трехфазных четырехпроводных. Для расширения пределов используются трансформаторы тока и напряжения.

Электростатические приборы имеют невысокую чувствительность, но чувствительны к перегрузкам и служат для измерения напряжения на постоянном и переменном токах. Для расширения пределов используются емкостные и резистивные делители.

Термоэлектрические приборы характеризуются низкой чувствительностью, большим потреблением тока, низкой перегрузочной способностью, невысокой точностью и нелинейностью шкалы. Однако их показания не зависят от формы тока в широком диапазоне частот. Для расширения пределов амперметров используют высокочастотные трансформаторы тока.

Выпрямительные приборы характеризуются высокой чувствительностью, малым потреблением тока, небольшой перегрузочной способностью, линейностью шкалы. Показания приборов зависят от формы тока. Используются они в качестве амперметров и вольтметров.

Цифровые электронные измерительные приборы преобразуют аналоговый входной сигнал в дискретный, представляя его в цифровой форме с помощью цифрового отсчетного устройства (ЦОУ) и могут выводить информацию на внешнее устройство — дисплей, цифропечать. Преимуществами цифровых измерительных приборов (ЦИП) являются:

— автоматический выбор диапазона измерения;
— автоматический процесс измерения;
— вывод информации в коде на внешние устройства;
— представление результата измерений с высокой точностью.

Схемы включения измерительных приборов

Измерение напряжения и тока

Напряжение и ток в сетях постоянного тока измеряют магнитоэлектрическими приборами (вольтметрами, амперметрами) (рис. 1.1, *а*). Для расширения пределов измерения вольтметров применяют добавочные сопротивления ($R_{доб}$), а для амперметров — шунты ($R_ш$). Схема включения приборов в сеть показана на рис. 1.1, *б*.

Измерение напряжения, тока и мощности в сетях переменного тока производится электродинамическими приборами (вольтметрами, амперметрами, ваттметрами).

Схема включения амперметра и вольтметра в однофазную сеть через трансформаторы тока и напряжения приведена на рис. 1.2.

Схема включения амперметра и вольтметра в трехфазную сеть через трансформаторы тока и напряжения приведена на рис. 1.3.

Для измерения напряжения и тока широко применяют также электромагнитные приборы.

Измерение напряжения и тока в сетях высокого напряжения производится электродинамическими и электромагнитным приборами, измерение мощности — электродинамическими приборами. Эти приборы включаются в сеть через трансформаторы тока и напряжения.

Включение амперметров через трансформатор тока позволяет осуществлять замену приборов путем замыкания вторичной цепи трансформатора, не нарушая электроснабжения.

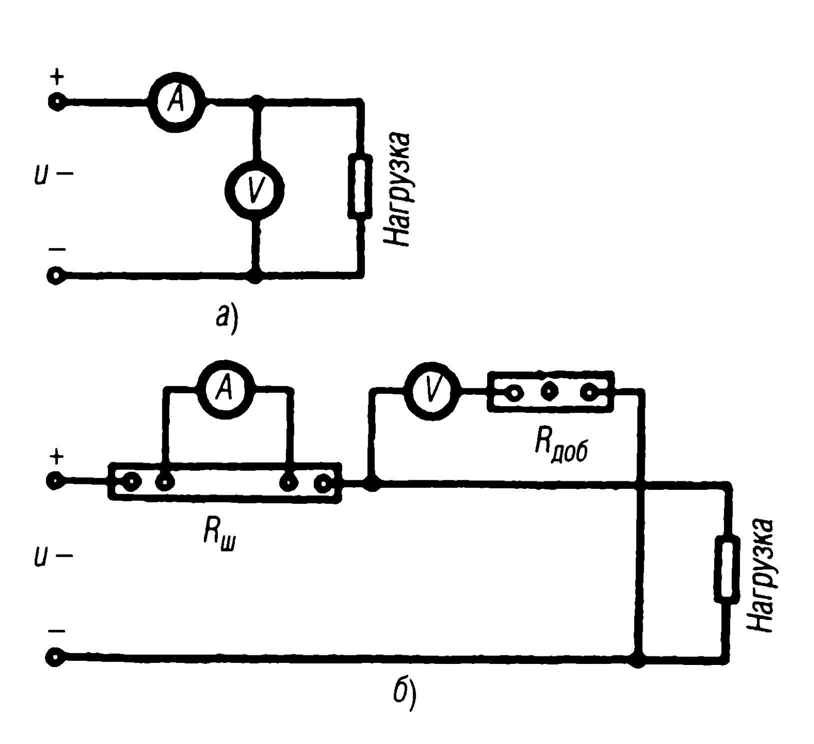


Рис. 1.1. Схемы включения вольтметра и амперметра в электрическую цепь

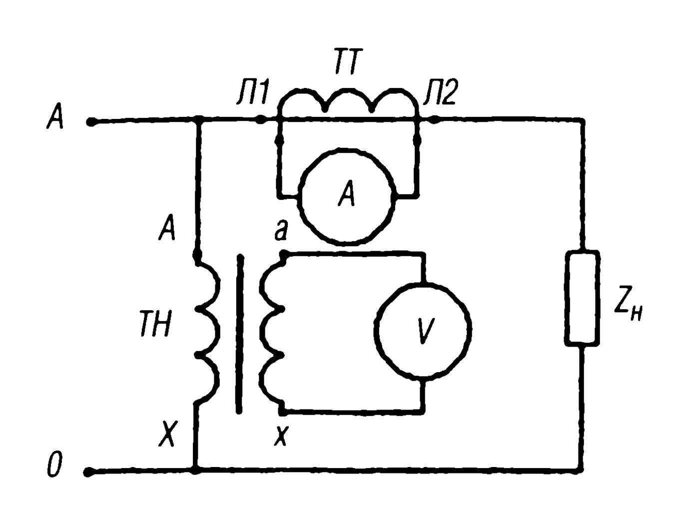


Рис. 1.2. Схемы включения амперметра и вольтметра в однофазную сеть через трансформаторы тока и напряжения

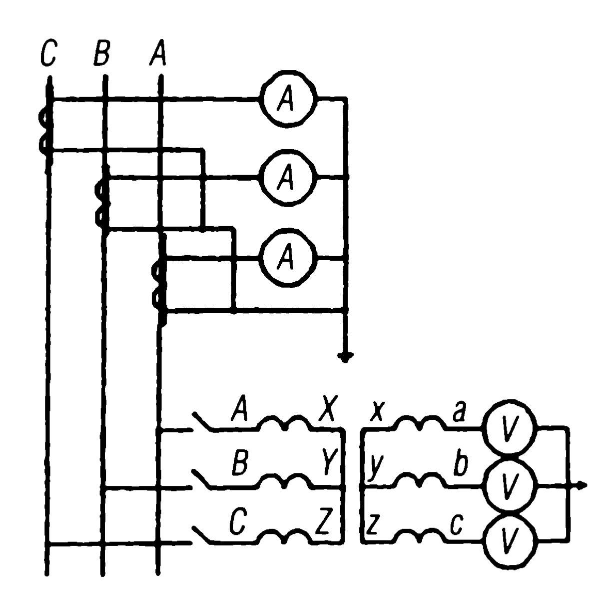


Рис. 1.3. Включение амперметров и вольтметров в трехфазную цепь

Измерение активной и реактивной энергии

Для учета активной и реактивной энергии в цепях однофазного и трехфазного переменного тока частотой 50 Гц промышленность изготовляет индукционные электрические счетчики следующих типов:

СО — счетчик (С) активной энергии однофазный (О) непосредственного включения или трансформаторный;

СОУ — счетчик активной энергии однофазный трансформаторный универсальный (У);

СА3 и СА4 — счетчики (С) активной (А) энергии непосредственного включения или трансформаторные для измерений в трехпроводных (3) и четырехпроводных (4) цепях трехфазного тока;

СР3 и СР4 — то же реактивной (Р) энергии;

СА3У; СР3У
СА4У; СР4У } — счетчики активной (А) и реактивной (Р) энергии, трансформаторные, универсальные (У) для измерений в трехпроводных (3) и четырехпроводных (4) цепях трехфазного тока.

Электрические счетчики изготовляют на различные номинальные токи и номинальные напряжения.

На рис. 1.4÷1.20 приведены схемы включения активных и реактивных счетчиков электроэнергии. Учет энергии с помощью индукционных счетчиков возможен с сохранением класса точно-

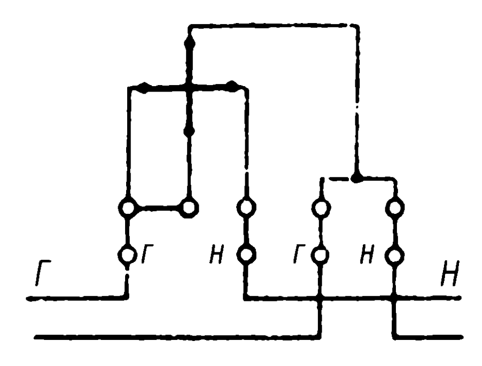


Рис. 1.4. Схема включения счетчиков типов СО-И445Э, СО-И445Т, СО-И449Э, СО-И449Т, СО-И446 по ГОСТ 6570—75

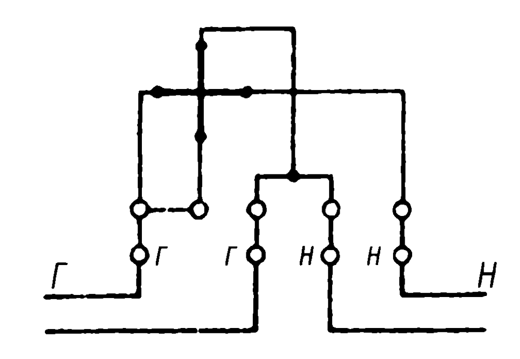


Рис. 1.5. Схема включения счетчиков типов СО-И445Э, СО-И445Т, СО-И449Э, СО-И449Т, СО-И446 по Британскому стандарту B537

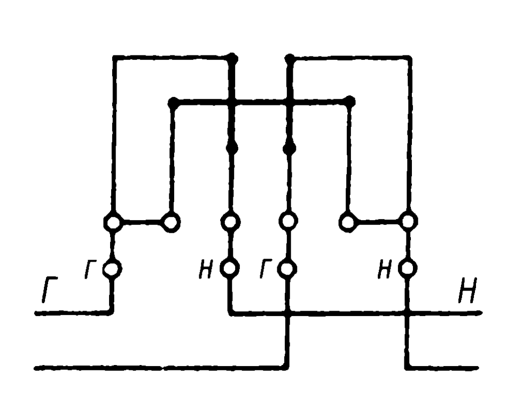


Рис. 1.6. Схема включения счетчиков типов СО-И445Э, СО-И445Т, СО-И449Э, СО-И449Т, СО-И446 с разделенной токовой катушкой для двухпроводной сети

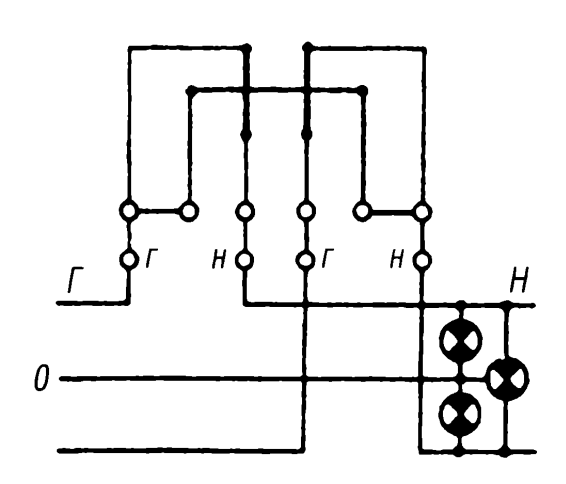


Рис. 1.7. Схема включения счетчиков типов СО-И445Э, СО-И445Т, СО-И449Э, СО-И449Т, СО-И446 с разделенной токовой катушкой для трехпроводной сети

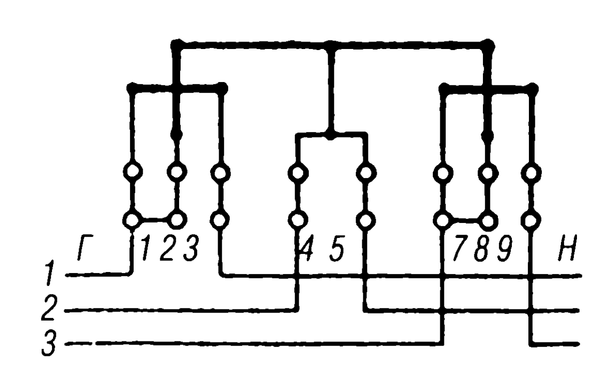


Рис. 1.8. Схема непосредственного включения счетчиков типов САЗ-И670Д и САЗ-И670М

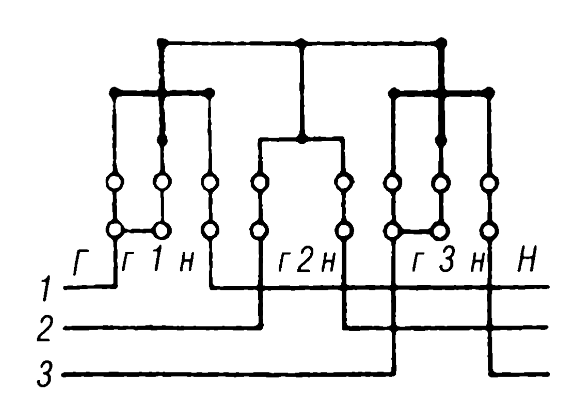


Рис. 1.9. Схема включения счетчиков типов САЗ-И677 и САЗ-И684

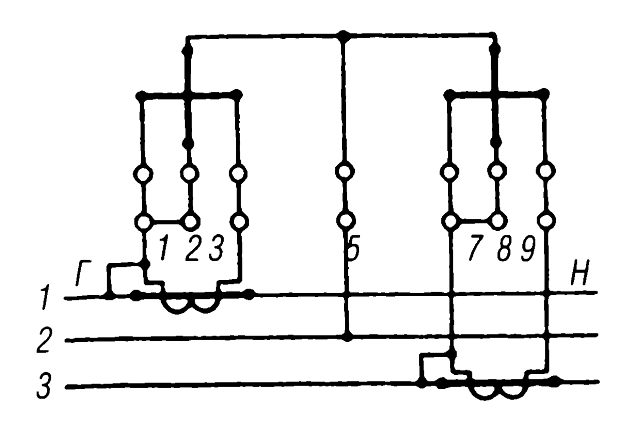


Рис. 1.10. Схема включения счетчиков типов САЗ-И670Д, САЗУ-И670Д, САЗ-И670М, САЗУ-670М, САЗ-И681 и САЗУ-И681 с трансформаторами тока в трехпроводную сеть

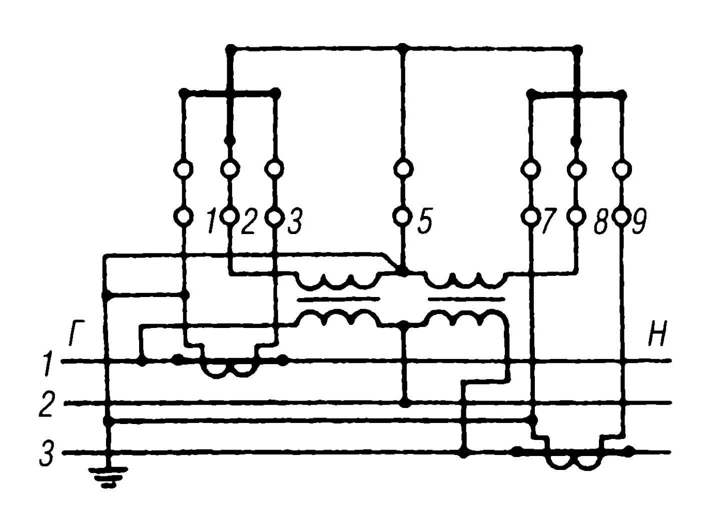


Рис. 1.11. Схема включения счетчиков типов САЗ-И670Д, САЗУ-И670Д, САЗ-И670М, САЗУ-670М, САЗ-И681 и САЗУ-И681 с трансформаторами тока и напряжения в трехпроводную сеть

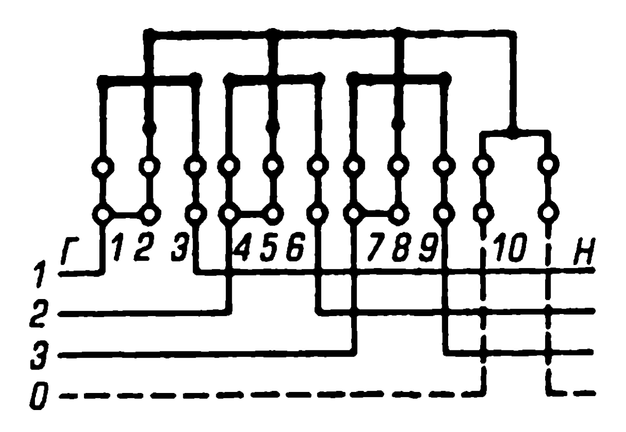


Рис. 1.12. Схема включения счетчиков типов СА4-И672Д и СА4-И672М

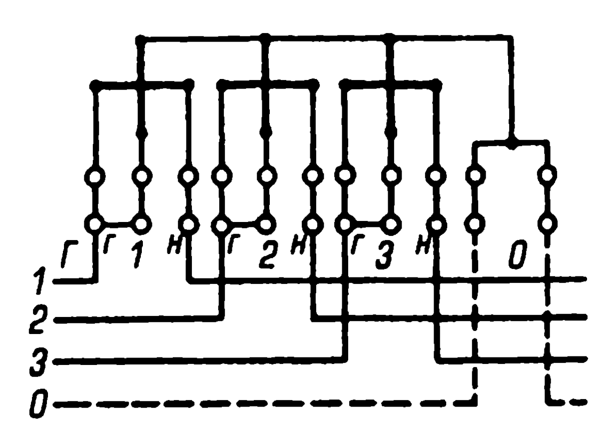


Рис. 1.13. Схема включения счетчиков типов СА4-И678 и СА4-И685

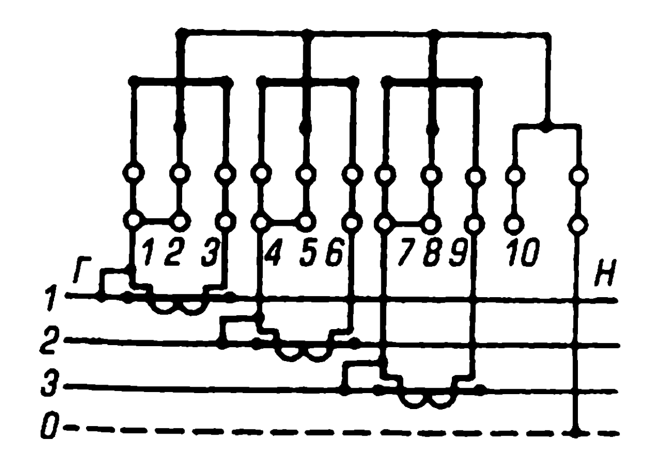


Рис. 1.14. Схема включения счетчиков типов СА4-И672Д, СА4У-И672Д, СА4-И672М, СА4У-672М, СА4-И682 и СА4У-И682 с трансформаторами тока в четырехпроводную сеть

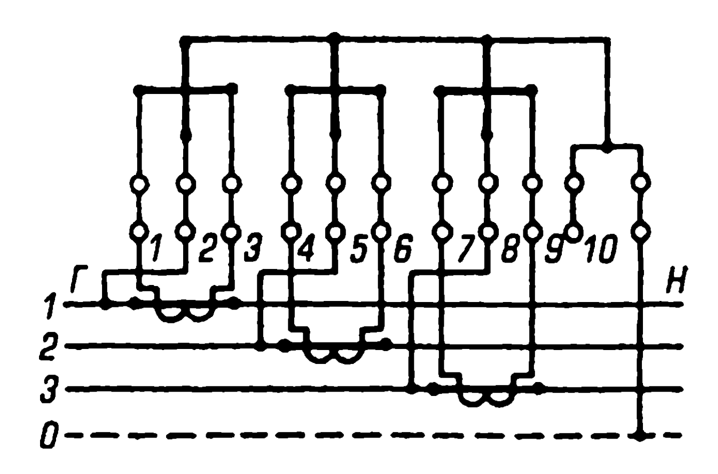


Рис. 1.15. Схема включения счетчиков типов СА4-И672Д, СА4У-И672Д, СА4-И672М, СА4У-672М, СА4-И682 и СА4У-И682 с трансформаторами тока и с самостоятельным выводом цепи напряжения в четырехпроводную сеть

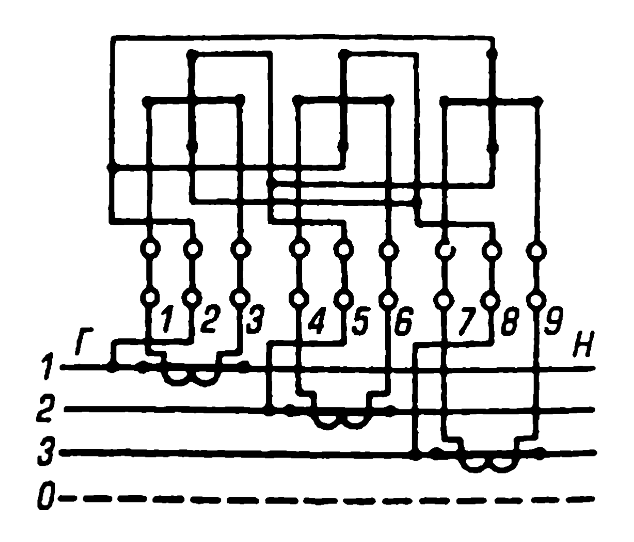


Рис. 1.16. Схема включения счетчиков типов СР4-И673Д, СР4У-И673Д, СР4-И673М, СР4У-И673М, СР4-И689 и СР4У-И689 с трансформаторами тока в четырехпроводную сеть

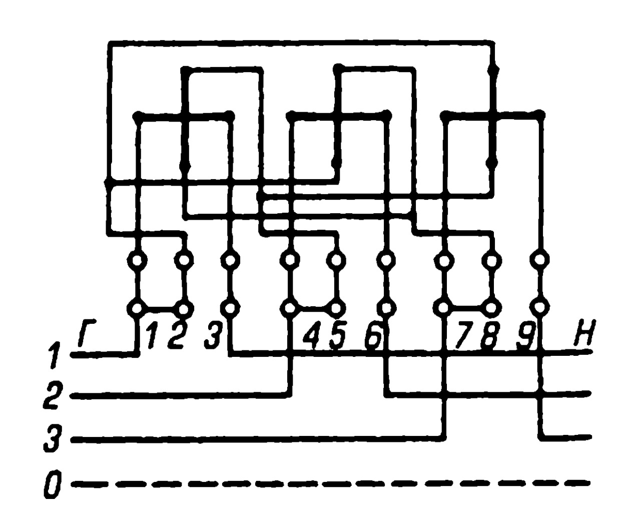


Рис. 1.17. Схема непосредственного включения счетчиков типов СР4-И673Д и СР4-И673М в трех- и четырехпроводную сеть

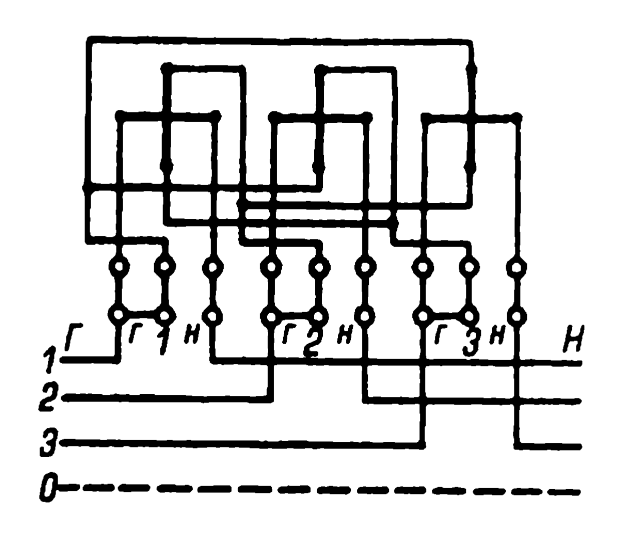


Рис. 1.18. Схема непосредственного включения счетчиков типов СР4-И679 и СР4-И686 в трех- и четырехпроводную сеть

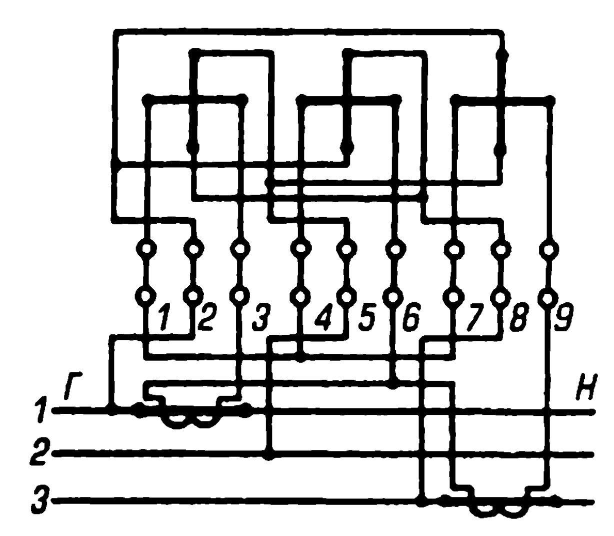


Рис. 1.19. Схема включения счетчиков типов СР4-И673Д, СР4У-И673Д, СР4-И673М, СР4У-И673М, СР4-И689 и СР4У-И689 в трехпроводную сеть

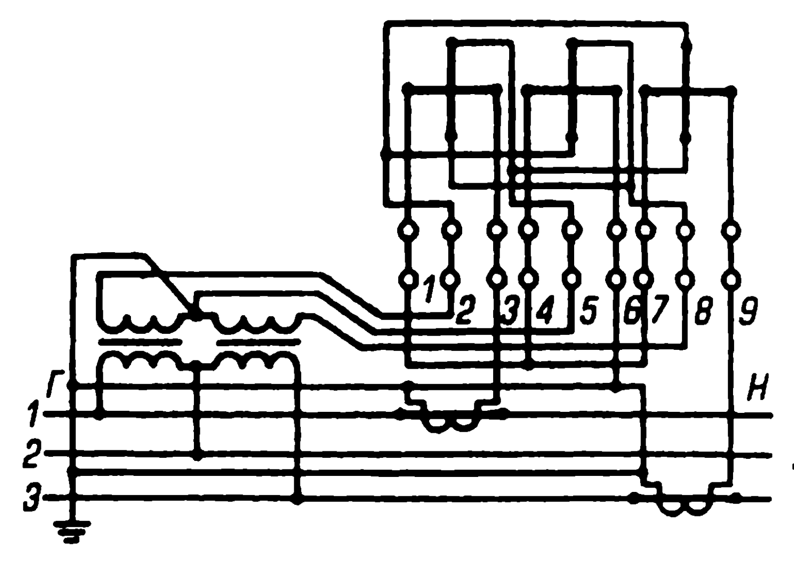


Рис. 1.20. Схема включения счетчиков типов СР4-И673Д, СР4У-И673Д, СР4-И689 и СР4У-И689 с трансформаторами тока и напряжеиия в трехпроводную сеть

сти только на синусоидальном токе при спокойном характере нагрузки. При наличии высших гармоник и нестационарных процессов эти счетчики дают значительную погрешность. Электронные счетчики позволяют учитывать энергию при несинусоидальном токе методом широтно-импульсной модуляции, когда токи и напряжения преобразуются в длительность и амплитуду импульсов. При этом получаются дискретные значения мгновенных мощностей $p = U_y I_x$. Последующее интегрирование и преобразование среднего значения в частоту, измеряемую счетчиком, позволяет учитывать энергию.

Все счетчики, схемы включения которых показаны на рис. 1.4—1.20, имеют специальную маркировку зажимов обмоток напряжения и тока (*Г* — генератор; *Н* — нагрузка) для правильного включения.

Правильный учет расхода электроэнергии имеет существенное значение для систематического контроля электропотребления, анализа результатов использования электроэнергии, введения научно обоснованного нормирования, планирования и прогнозирования ее потребления. Учет расхода электроэнергии на различные производственные процессы помогает вскрыть новые резервы экономии и улучшить энергетические показатели предприятия.

На точность измерения электрической энергии велико влияние нагрузок с нелинейной вольтамперной характеристикой (вентильные электроприводы, дуговые электропечи и др.), которые являются источниками высших гармоник.

Несимметричные нагрузки (например, осветительная, однофазная тяговая), потребляя энергию из системы, частично преобразовывают ее и передают обратно в сеть, но уже ухудшенного качества. В результате этих свойств несимметричной нагрузки возникают составляющие энергии обратной и нулевой последовательностей, которые практически не используются, создают потери и ухудшают качество электроэнергии.

Нередко на практике встречаются одновременно несимметричные и несинусоидальные режимы.

В связи с этим проблема точного учета электрической энергии не может быть решена с помощью индукционных счетчиков, необходимо использование более современных, электронных и микропроцессорных средств учета.

В последнее время появились электронные счетчики ABB ВЭИ "Метроника"—"Альфа", основанные на микропроцессорных комплектах специального назначения, предназначенные для промышленного учета электроэнергии. Счетчик имеет высокую стоимость, требует специального обслуживания и доступен специально подготовленному персоналу для квалифицированной эксплуатации. Класс точности счетчика 0,2.

Если счетчик "Альфа" является автономным средством коммерческого учета с получением графиков энергопотребления за различные временные периоды, то измерительная интегральная автоматизированная система управления энергосбережением (ИАСУЭ) ЗАО ЭНЭЛЭКО, разработанная для промышленного и бытового учета энергии различных видов, имеет иерархическую структуру, позволяющую вести коммерческий учет электроэнергии, тепловой энергии, воды, газа, а также передавать сигналы пожарной, охранной сигнализации и оповещения. Она обеспечивает передачу данных на радиочастоте между 4095 пунктами. Дальность связи — до 60 км при использовании штыревых антенн. На нижнем уровне для передачи сигналов от 127 абонентов используют двухпроводные линии длиной до 1,2 км.

Для учета электроэнергии используют электронные двухтарифные счетчики однофазные СЭБ-2, СЭБ-512 и трехфазные ПСЧ-3Т с автономным блоком переключения тарифов БПТ-250. Счетчики имеют класс точности 1, напряжение 220 В, диапазон токов 50 мА ÷ 50 А и напряжение 380 В.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Номинальные напряжения, токи, частóты и сечения проводов и жил кабелей

Таблица 2.1. **Номинальные напряжения систем электроснабжения**

Номинальные напряжения приемников и сети, кВ	Номинальные междуфазные напряжения на зажимах, кВ		
	Генераторов	Трансформаторов	
		Первичные обмотки	Вторичные обмотки
0,22	0,23	0,22	0,23
0,38	0,4	0,38	0,4
0,66	0,69	0,66	0,69
(3)	(3,15)	(3)	(3,15)
6	6,3	6 и 6,3*	6,3 и 6,6
10	10,5	10 и 10,5*	10,5 и 11
20	21	20 и 21*	22
35	—	35	38,5
110	—	110	115 и 121
(150)	—	(150)	(158)
220	—	220	230 и 240
330	—	330	347
500	—	500	—
750	—	750	—
1150	—	1150	—

Примечания: 1. Напряжения, указанные в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуются.

2. Знаком * отмечены напряжения трансформаторов, присоединяемых непосредственно к шинам генераторного напряжения электрических станций или к выводам генераторов.

Номинальные токи

... 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000; 12 500; 16 000; 20 000; 25 000; 31 500; 37 500; 40 000; 50 000; 63 000; 75 000; 80 000; 100 000; 125 000; 160 000; 200 000; 250 000 А.

Примечания: 1. Из перечисленных значений токов до 1000 А предпочтительными являются: 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 А, а также десятичные кратные и дольные значения этих токов.

2. Для ТТ допускается применять в дополнение к указанным занчениям следующие значения токов: 15; 30; 60; 75; 120 А, а также десятичные кратные значения этих токов.

Номинальные частóты

Значения $f_{ном}$ систем электроснабжения, источников, преобразователей и ЭП переменного тока:

а) источников: 50; 400; 1000; 10 000 Гц;

б) преобразователей и ЭП: 50; 400; 1000; 2000; 4000; 10 000 Гц;

в) дополнительно допускаются: 100; 150; 200; 250; 300 Гц — для электрических инструментов: электрических приводов центрифуг; сепараторов и деревообрабатывающих станков; 600; 800; 1200; 2400 Гц — для безредукторных высокоскоростных электроприводов металлообрабатывающих станков и безредукторных электрошпинделей; 500; 2400; 8000 Гц для электротермического оборудования.

Номинальные сечения жил кабелей и проводов

Сечения токопроводящих медных и алюминиевых жил кабелей, проводов и шнуров класса 2 для стационарной прокладки:... 0,5; 0,75; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000; 1200; 1600; 2000 мм^2.

Сечения 0,5 и 0,75 мм^2 — только для медных жил.

Выбор напряжения для электроустановок:

750 кВ — образование крупных объединенных энергосистем; межсистемные связи; выдача мощности крупнейшими ЭС.

500 кВ — образование объединенных энергосистем, межсистемные связи; выдача мощности крупными ЭС; электроснабжение крупных энергоемких предприятий или районов.

220—330 кВ — распределение мощностей внутри крупных энергосистем, электроснабжение удаленных и крупных потребителей.

110—150 кВ — распределение мощностей внутри энергосистем и ПЭС; электроснабжение удаленных сельских потребителей, распределение мощностей внутри крупных городов.

20—35 кВ — электроснабжение промпредприятий средней мощности, городов и сельских потребителей.

6—10 кВ — электроснабжение промышленных и сельских потребителей; распределение мощности внутри крупных предприятий.

660 В — распределение мощностей на предприятиях с большой удельной плотностью электрических нагрузок, концентрацией мощностей и с большим числом электродвигателей 200—600 кВт. Целесообразно сочетание 660 В с первичным $U_{ном}$ = 10 кВ.

380/220 В — питание силовых и осветительных электрических приемников, а также когда применение 660 В нецелесообразно.

Не выше 40 В — в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных для стационарного местного освещения и ручных переносных ламп.

12 В — при особо неблагоприятных условиях в отношении опасности поражения электрическим током — в металлических резервуарах, для питания ручных переносных ламп.

Для крупных городов и промышленных комплексов рекомендуется система: 110/10/0,4 кВ, а при высокой концентрации нагрузок: 330—220—110/0,4 кВ. Развитие сетей 35 кВ в таких районах должно быть ограничено. В сельской местности в районах с концентрированными нагрузками наряду с системой 110/35/10/0,4 кВ рекомендуется система 110/10/0,4 кВ.

Номинальные стандартные напряжения в стационарных электроустановках

Все электротехнические сооружения в России строят с применением стандартных номинальных напряжений, приведенных в табл. 2.2, 2.3, 2.4.

Таблица 2.2. **Номинальные напряжения до 100 В постоянного и переменного тока**

Номинальное напряжение, В		
постоянного тока	трехфазного тока (междуфазное)	однофазного тока
6	—	—
12	—	12
24	—	24
36	36	36
48	—	—
60	—	—

Таблица 2.3. **Номинальные напряжения от 100 до 1000 В постоянного, трехфазного и однофазного тока**

Номинальное напряжение сетей и приемников электрической энергии, В*			Номинальное напряжение, В					
			генераторов		трансформаторов			
постоянного тока	трехфазного тока		постоянного тока	трехфазного тока (междуфазное)	трехфазного тока (междуфазное)		однофазного тока	
	междуфазное	фазное			первичные обмотки	вторичные обмотки	первичные обмотки	вторичные обмотки
110	—	—	115	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	220	220	230	230	220	230	220	230
—	380	380	—	400	380	400	380	—
440	—	—	460	—	—	—	—	—
—	660	—	—	690	660	690	660	—

*Номинальное напряжение сетей и приемников однофазного тока 220, 380 В.

Таблица 2.4. **Номинальные напряжения свыше 1000 В трехфазного тока**

Номинальное напряжение сетей и приемников электрической энергии, кВ	Номинальное междуфазное напряжение, кВ			Номинальное напряжение сетей и приемников электрической энергии, кВ	Номинальное междуфазное напряжение, кВ		
	генераторов	трансформаторов			генераторов	трансформаторов	
		первичные обмотки	вторичные обмотки			первичные обмотки	вторичные обмотки
3	3,15	3 и 3,15	3,15 и 3,3	150	—	150	165
6	6,3	6 и 6,3	6,3 и 6,6	220	—	220	242
10	10,5	10 и 10,5	10,5 и 11	330	—	330	347
20	21	20 и 21	21 и 22	500	—	500	525
35	—	35	38,5	750	—	750	787
110	—	110	121				

Таблица 2.5. **Ответвления обмоток трансформаторов с РПН на обмотке ВН**

Вид трансформатора	Напряжение, кВ	Мощность, МВ·А	Число ответвлений
Двухобмоточный	35 110 220	1...6,3 6,3 и более 32...160	±6 × 1,5 % ±9 × 1,78 % ±8 × 1,5 %
Трехобмоточный	35 110 220	6,3 6,3...80 25...63	±6 × 1,5 % ±9 × 1,78 % ±8 × 1,5 %

Таблица 2.6. **Зависимость величины тока от мощности (при трехфазном токе)**

Мощность, кВ·А	Ток $I = \frac{1000\ S(\text{кВ} \cdot \text{А})}{\sqrt{3}\,U(\text{В})}$ А, при напряжении, В		
	220	380	660
1	2,6	1,5	0,9
2	5,3	3,0	1,8
3	7,9	4,6	2,6

Мощность, кВ·А	Ток $I = \frac{1000\ S(кВ \cdot А)}{\sqrt{3}\ U(В)}$ А, при напряжении, В		
	220	380	660
4	10,5	6,1	3,5
5	13,1	7,6	4,5
6	15,8	9,1	5,4
7	18,4	10,6	6,2
8	21,0	12,1	7,1
9	23,6	13,6	8,0
10	26,3	15,2	9,0
15	39,4	22,8	13,4
20	52,5	30,4	17,8
25	65,7	38,0	22,3
30	78,8	45,5	26,7
35	92,0	53,3	31,2
40	105,0	60,8	35,7
45	118,0	68,4	40,1
50	131,0	76,0	44,5
75	197,0	114,0	66,8
100	263,0	152,0	89,1

2.2. Степени защиты электрооборудования

Стандарт распространяется на электротехнические изделия с напряжением не выше 72,5 кВ и устанавливает степени защиты, обеспечиваемые оболочками.

Степени защиты электротехнических изделий обозначают символом: IP11, где IP — начальные буквы: International Protection, первая цифра — характеристика защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, и попадания внутрь твердых посторонних тел; вторая цифра — характеристика защиты от проникновения воды.

Если для изделия требуется указать степень защиты только одной цифрой, то пропущенную цифру заменяют буквой X, например IPX5, IP2X и т. д.

Степени защиты оболочек электрических машин: IP00, IP01, IP10, IP11, IP12, IP13, IP20, IP21, IP22, IP23, IP43, IP44, IP54, IP55, IP56.

Степени защиты силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и электрических реакторов, предназначенных для работы в электрических устройствах и сетях переменного тока частотой 50 Гц: IP00, IP10, IP11, IP13, IP20, IP21, IP22, IP23, IP30, IP31, IP32, IP33, IP34, IP41, IP43, IP44, IP54, IP55, IP65, IP66.

Степени защиты оболочек электрических аппаратов до 1 кВ: IP00, IP10, IP11, IP12, IP20, IP21, IP22, IP23, IP30, IP31, IP32, IP33, IP34, IP40, IP41, IP42, IP43, IP44, IP50, IP51, IP54, IP55, IP56, IP60, IP65, IP66, IP67, IP68.

Эти указания не распространяются на оболочки электрических машин и аппаратов, предназначенных для работы во взрывоопасной среде и в особых климатических условиях, а также на оболочки электробытовых приборов.

Таблица 2.7. **Степени защиты**

Первая цифра	Краткое описание	Определение
От соприкосновения и попадания твердых посторонних сил		
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером > 50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например, руки, и твердых тел размером > 50 мм
2	Защита от твердых тел размером > 12 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм и твердых тел размером > 12 мм
3	Защита от твердых тел размером > 2,5 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т. д. диаметром или толщиной > 2,5 мм и твердых тел размером > 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером > 1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером > 1 мм
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью. Однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью

Вторая цифра	Краткое описание	Определение
От проникновения воды		
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от капель воды при наклоне до 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем

Примечание. При степени защиты 8 для некоторых типов изделий допускается проникновение воды внутрь оболочки, но без нанесения вреда изделию.

Таблица 2.8. **Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Взрывоопасное
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное
В-IIа	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты IP54. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54.

Таблица 2.9. **Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
	Стационарные установки
В-I	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва — для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С
	Без средств взрывозащиты — для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С. Оболочка со степенью защиты не менее Ip54*
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44*
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-IIа	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
	Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные
В-I, В-Iа	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-IIа	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*

*Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, в которой они устанавливаются.

Таблица 2.10. **Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
	Стационарные светильники
В-I	Взрывобезопасное
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53*
В-II	Повышенной надежности против взрыва
В-IIа	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53*
	Переносные светильники
В-I, В-Iа	Взрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное
В-IIа	Повышенной надежности против взрыва

*Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования

Взрывозащищенное электрооборудование имеет маркировку с указанием:

а) уровня взрывозащиты;

б) наивысшей категории и наивысшей группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным;

в) вида или видов взрывозащиты.

Маркировка выполняется непосредственно на электрооборудовании в прямоугольной и круглой рамках.

В прямоугольной рамке обозначают уровень взрывозащиты, категорию и группу взрывозащитной смеси.

На первом месте обозначается буквой уровень взрывозащиты электрооборудования:

Повышенной надежности против взрыва	Н
Взрывобезопасное	В
Особовзрывобезопасное	О

На втором—четвертом местах обозначают категории и группу взрывоопасной смеси: категорию — цифрой, группу — буквой Т и цифрой.

В круглой рамке обозначается буквой вид (или виды) взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка	В
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	П
Искробезопасная электрическая цепь	И
Кварцевое заполнение оболочки	К
Масляное заполнение оболочки	М
Автоматическое отключение от источника электроэнергии	А
Специальный вид взрывозащиты	С
Повышенная надежность против взрыва (защита вида "е")	Н

Таблица 2.11. **Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.)	IP44	IP54	IP44	IP44

Таблица 2.12. **Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа	П-III
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

*При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы.
** При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

Таблица 2.13. **Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Примечание. Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

2.3. Климатические условия и температурные режимы работы электрооборудования

Категории исполнения (укрупненные) изделий для эксплуатации в различных климатических районах:

1. Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного климатического района).

2. Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания *t* и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например в палатках, кузовах,

прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочках комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков).

3. Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания *t* и влажности воздуха и воздействия песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

4. Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и др., в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги.

5. Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в т. ч. в шахтах, подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и др. помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности в некоторых трюмах, некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.).

Группы условий эксплуатации по коррозионной активности атмосферы для металлов и сплавов без покрытий, а также с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями:

Обозначение группы условий эксплуатации	1	3	5
Категория изделий или категория размещения деталей (поверхностей)	2, 3*, 4	1**, 2, 3	1
Исполнение изделий	У, УХЛ (ХЛ)	У, УХЛ (ХЛ)	У, УХЛ (ХЛ)
Старое обозначение групп условий эксплуатации	Л	С3, С2	Ж1, Ж2

*Только для деталей, размещенных в оболочках изделий с естественной или искусственной вентиляцией.

**Только для изделий, специально предназначенных для эксплуатации в атмосфере типа I.

Примечание. Л — легкая, С — средняя, Ж — жесткая.

Таблица 2.14. **Характеристика климатов климатических районов**

Категория исполнения изделия	Значения t воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха при эксплуатации	
	рабочие			предельные		Среднемесячное значение в наиболее теплый и влажный период при +20 °С, %	Продолжительность воздействия, мес
	верхнее	нижнее	среднее	верхнее	нижнее		
Умеренный климат (У)[1]							
1	+40	−45	+10	+45	−50	80	6
2	+40	−45	+10	+45	−50	80	6
3	+40	−45	+10	+45	−50	80	6
5	+35	−5	+10	+35	−5	90	12
Умеренный и холодный климат (УХЛ)							
1	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
2	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
3	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
4	+35	+1	+20	+40	+1	65	12
5	+35	−10	+10	+35	−10	90	12
Холодный климат (ХЛ)[2]							
1	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
2	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
3	+40	−60	+10	+45	−60	80	6
5	+35	−10	+10	+35	−10	90	12

[1] Изделия в исполнениях У и УХЛ могут эксплуатироваться в теплой и жаркой зонах, в которых средняя из ежегодных абсолютных максимумов t воздуха выше 40 °С и (или) сочетание t, равной 20 °С или выше, и относительной влажности, равной 80 % или выше, наблюдается более 12 ч в сутки за непрерывный период более 2 мес в году.

[2] Если основным назначением изделий является эксплуатация в районе с холодным климатом и экономически нецелесообразно их использование вне пределов этого района, вместо обозначения УХЛ рекомендуется обозначать ХЛ.

Примечание. Для поверхностей, подвергаемых нагреву солнцем, верхнее и среднее значение рабочей и предельной t должны приниматься выше, чем указано в таблице для изделий категории *1*, на следующие значения: для поверхностей, имеющих белый или серебристо-белый цвет, на 15 °С; для поверхностей, имеющих иной, кроме белого или серебристо-белого, цвет, на 30 °С.

Таблица 2.15. **Категории исполнения электротехнических изделий в зависимости от места размещения**

Категория исполнения изделия	Характеристика места размещения
1	На открытом воздухе
2	Под навесом или в открытых (с доступом наружного воздуха) помещениях
3	В закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственного регулирования климатических условий
4	В помещениях с искусственным регулированием климатических условий
5	В помещениях с повышенной влажностью (шахты, подвалы и т. п.)

Таблица 2.16. **Климатические исполнения электротехнических изделий**

Климатическое исполнение	Характеристика климата
У	Умеренный
УХЛ	Умеренный и холодный
ХЛ	Холодный
ТВ	Тропический влажный
ТС	Тропический сухой
Т	Тропический как сухой, так и влажный
О	Любой климат на суше, кроме очень холодного климата
М	Умеренно холодный морской
ТМ	Тропический морской
ОМ	Любой морской климат
В	Любой климат, кроме очень холодного

Таблица 2.17. **Допустимые превышения *t* отдельных элементов трансформатора или трансформатора с жидким диэлектриком над *t* охлаждающей среды (воздуха или воды) при испытаниях на нагрев (на основном ответвлении)**

Элементы трансформатора	Превышение *t*, °С
Обмотки (класс нагревостойкости изоляции А):	
при естественной или принудительной циркуляции с ненаправленным потоком масла через обмотку	65
при принудительной циркуляции с направленным потоком масла через обмотку	70

Элементы трансформатора	Превышение t, °C
Масло или другой жидкий диэлектрик в верхних слоях:	
исполнение герметичное или с расширителем	60
исполнение негерметичное без расширителя	55
Поверхность магнитной системы и элементов металлоконструкций	75
Примечания: 1. Превышение t обмоток определяют методом измерения их сопротивления постоянному току (средние превышения t обмоток). 2. Превышения t верхних слоев масла и др. жидкого диэлектрика для трехобмоточных трансформаторов относятся к сочетанию нагрузок с наибольшими суммарными потерями, а превышения t каждой отдельной обмотки должны рассматриваться для сочетания нагрузок, которые являются наиболее жесткими для рассматриваемой обмотки.	

Таблица 2.18. **Допустимые превышения t отдельных элементов сухого трансформатора над t охлаждающей среды при испытании на нагрев на основном ответвлении**

Элементы трансформатора	Класс нагревостойкости	Превышение t, °C
Обмотки	A	60
	E	75
Обмотки	B	80
	F	100
	H	125
Поверхности магнитной системы и элементов металлоконструкций	—	Не более, чем допустимо для соприкасающихся изоляционных материалов

Нормы нагрева

При установившихся токах КЗ t обмоток не должна превышать, °C:

Для масляных трансформаторов и трансформаторов с жидким диэлектриком с обмотками из меди 250

То же с обмотками из алюминия 200

Для сухих трансформаторов с обмотками из меди и изоляцией классов нагревостойкости:

A 180

E 250

B, F, H 350

То же с обмотками из алюминия и изоляцией классов нагревостойкости:

A 180

A, B, F, H 200

Таблица 2.19. **Допустимые температуры проводников**

Вид и материал проводника	Длительно допустимая t жил по нормам $\vartheta_{ж.н}$, °C	Кратковременно допустимая t жил при перегрузках $\vartheta_{п}$, °C	Максимально допустимое превышение нагрева жилы[1] по нормам $\tau_{ж,max}$, °C
Шины и неизолированные провода:			
медные	70	125	200
алюминиевые	70	125	150
стальные, непосредственно не соединенные с аппаратами	70	125	350
то же, непосредственно соединенные с аппаратами	70	125	250
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией:			
до 1—3 кВ	80	125	200/150
6 кВ	65	100	200/150
10 кВ	70	90	200/150
20 кВ	55	—	125/—
35 кВ	65	—	125/—
Кабели и провода с резиновой изоляцией:			
обычной	55	100	150/150
теплостойкой	65	110	150/150
Кабели и провода с ПВХ изоляцией	70	90	150/150
Кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией	70	80	120/120

[1] В числителе с медными, в знаменателе — с алюминиевыми жилами.

Допустимые температуры проводников при КЗ, °C

Шины:
- медные 300
- алюминиевые 200
- стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами . 400
- стальные с непосредственным присоединением к аппаратам 300

Кабели с бумажной пропитанной изоляцией:
- до 10 кВ 200
- 20—220 кВ 125

Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией:
- ПВХ и резиновой 150
- полиэтиленовой 120

Медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм^2:
- менее 20 250
- 20 и более 200

Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов 200

Таблица 2.20. **Расчетные температуры среды**

Место прокладки проводника	t среды по нормам, °С
Открытая и защищенная прокладка проводов, кабелей и шин в воздухе (внутри помещения)	25
Один кабель с бумажной изоляцией при прокладке в земле	15
То же в земле в трубах	25
Кабели с бумажной изоляцией независимо от их прокладки непосредственно в воде	15

Таблица 2.21. **Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха**

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		−5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1.26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Таблица 2.22. **Допустимые температуры нагрева жил кабелей и температурный коэффициент $k_т$**

Напряжение и тип изоляции кабеля	$\tau_д$, °C	$\tau_п$, °C	$\tau_к$, °C		$k_т$, $А \cdot с^{1/2}$ мм^2	
			Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медные жилы	Алюминиевые жилы
Кабели с бумажной изоляцией для напряжения, кВ:						
До 3	80	125	200	150	165	95
6	65	100				
10	60	90				
Кабели с поливинилхлоридной изоляцией для напряжения, кВ:						
6	65	75	150	150	114	75
10					118	78
Кабели с полиэтиленовой изоляцией для напряжения, кВ:						
6						
10	65	72	120	120	94	62
					98	65

Примечание. $\tau_д$ — допустимая температура нагрева жилы кабеля при дополнительно допустимой нагрузке: $\tau_п$ — допустимая температура нагрева жилы при кратковременных перегрузках (до 4 мин); $\tau_к$ — максимально допустимая температура нагрева жилы при токах КЗ.

Таблица 2.23. **Продолжительно допустимые температуры нагрева элементов электроустановок**

Элемент электроустановки	$\vartheta_{прод.доп}$, °C	Основание
Провода и окрашенные шины неизолированные	70	ПУЭ, 7-е издание
Провода и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией	65	
Кабели до 10 кВ с изоляцией из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена	70	
Кабели до 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена	90	

Элемент электроустановки	$\vartheta_{прод.доп}$, °C	Основание
Кабели с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги напряжением:		
До 1 кВ	80	
6 кВ	65	
10 кВ	60	
35 кВ	50	
Контакты из меди и медных сплавов без покрытия:		ГОСТ 8024—90
в воздухе	75	
в элегазе	90	
в изоляционном масле	80	
Соединения (кроме сварных и паяных) из меди, алюминия и их сплавов без покрытия:		
в воздухе	90	
в элегазе	105	
в изоляционном масле	100	
Выводы аппаратов из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с проводниками внешних электрических цепей:		ГОСТ 8024—90
без покрытия	90	
с покрытием оловом, никелем или серебром	105	
то же, но с покрытием контактной поверхности внешнего проводника серебром	120	
Материалы, используемые в качестве изоляции, и металлические детали в контакте с изоляцией следующих классов нагревостойкости:		
Y	90	
A	105	
E	120	
B	130	
F	155	
H	180	
200	200	
220	220	
250	250	
Металлические детали или детали из изоляционных материалов, соприкасающиеся с маслом, за исключением контактов	100	
Масло в масляных коммутационных аппаратах в верхнем слое	90	
Токоведущие (за исключением контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части, не изолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами	120	

2.4. Нормы качества электроэнергии (ГОСТ 13109—97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения")

Общие положения

ГОСТ устанавливает 11 основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ):

1) отклонение частоты Δf;

2) установившееся отклонение напряжения $\delta U_{у}$;

3) размах изменения напряжения δU_t;

4) дозу фликера (мерцания или колебания) P_t;

5) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U;

6) коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;

7) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U};

8) коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $К_{0U}$;

9) длительность провала напряжения Δt_n;

10) импульсное напряжение $U_{имп}$;

11) коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

В табл. 2.24. приведены свойства электрической энергии, показатели их характеризующие и наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ.

Таблица 2.24. **Свойства электрической энергии, показатели и наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ**

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения	Размах изменения напряжения δU_t. Доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Несинусоидальность напряжения	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения	Длительность провала напряжения $\Delta t_{п}$	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения	Импульсное напряжение $U_{имп}$	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжения	Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$	Энергоснабжающая организация

Нормально допустимые и предельно допустимые значения K_U в точке общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением приведены в табл. 2.25.

Таблица 2.25. **Требования ГОСТа по ограничению коэффициента искажения синусоидальности (K_U)**

$U_{ном}$, кВ	0,38	6—20	35	110—330
Номинально допустимое значение K_U, %	8,0	5,0	4,0	2,0
Предельно допустимое значение K_U, %	12,0	8,0	6,0	3,0

Нормально допустимые значения коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения приведены в табл. 2.26.

В табл. 2.27. приведены сводные данные по нормам ПКЭ.

Таблица 2.26. **Нормально допустимые значения коэффициентов *n*-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$**

Номер гармоники некратной 3, нечетной при $U_{ном}$, кВ					Номер гармоники кратной 3*, нечетной при $U_{ном}$, кВ					Номер четной гармоники при $U_{ном}$, кВ				
№ гармоники	0,38	6—20	35	110—330	№ гармоники	0,38	6—20	35	110—330	№ гармоники	0,38	6—20	35	110—330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	0,7	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,2	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4						>12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4										

*Нормально допустимые значения, приведенные для *n*, равных 3 и 9, относят к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице.

Таблица 2.27. **Нормы качества электрической энергии**

Показатель КЭ, ед. измерения	Нормы КЭ	
	нормально допустимые	предельно допустимые
Установившееся отклонение напряжения $\delta U_у$, %	±5	±10
Размах изменения напряжения δU_t, %	—	—
Доза фликера, отн. ед.:		
кратковременная P_{st}	—	1,38; 1,0
длительная P_{Lt}	—	1,0; 0,74
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U, %	По таблице 2.25	По таблице 2.25
Коэффициент *n*-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$, %	По таблице 2.26	По таблице 2.26
Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}, %	2	4
Коэффициент несиметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}, %	2	4
Отклонение частоты Δf, Гц	±0,2	±0,4
Длительность провала напряжения Δt_n, с	—	30
Импульсное напряжение $U_{имп}$, кВ	—	—
Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер\,U}$, отн. ед.	—	—

Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников

Отклонения ПКЭ от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают технологический и электромагнитный ущербы.

От электрических сетей систем электроснабжения общего назначения питаются ЭП различного назначения.

Наиболее характерными типами ЭП, широко применяющимися на предприятиях различных отраслей промышленности, являются *электродвигатели* и установки *электрического освещения*. Значительное распространение находят *электротермические* установки, а также *вентильные преобразователи*.

Электродвигатели применяют в приводах различных производственных механизмов. В установках, не требующих регулирования частоты вращения в процессе работы, применяют *асинхронные* и *синхронные электродвигатели*.

Установлена наиболее экономичная область применения *асинхронных и синхронных электродвигателей* в зависимости от напряжения. При напряжении до 1 кВ и мощности до 100 кВт экономичнее применять асинхронные двигатели, а свыше 100 кВт — синхронные, при напряжении до 6 кВ и мощности до 300 кВт — асинхронные двигатели, а выше 300 кВт — синхронные, при напряжении 10 кВ и мощности до 400 кВт — асинхронные двигатели, выше 400 кВт — синхронные.

Синхронные двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с асинхронными двигателями: обычно используются в качестве источников реактивной мощности, их вращающий момент меньше зависит от напряжения на зажимах, во многих случаях они имеют более высокий КПД. В то же время синхронные двигатели являются более дорогими и сложными в изготовлении и эксплуатации.

Установки *электрического освещения* с лампами накаливания, люминесцентными, дуговыми, ртутными, натриевыми, ксеноновыми применяют на всех предприятиях для внутреннего и наружного освещения.

Электросварочные установки переменного тока дуговой и контактной сварки представляют собой однофазную неравномерную и несинусоидальную нагрузку с низким коэффициентом мощности: 0,3 для дуговой сварки и 0,7 для контактной.

Вентильные преобразователи в силу специфики их регулирования являются потребителями реактивной мощности (коэффициент мощности вентильных преобразователей колеблется от 0,3 до 0,8), что вызывает значительные отклонения напряжения в питающей сети; коэффициент несинусоидальности при работе тиристорных преобразователей может достигать значения более 30 % на стороне 10 кВ питающего их напряжения, на симметрию напряжения в силу симметричности их нагрузок вентильные преобразователи не влияют.

Электросварочные установки могут являться причиной нарушения нормальных условий работы для других ЭП. В частности, сварочные агрегаты, мощность которых достигает 1500 кВт в единице, вызывают значительно большие колебания напряжения в электрических сетях, чем, например, пуск асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Кроме того, эти колебания напряжения происходят длительно и с широким диапазоном частот, в том числе и в самом неприятном для установок *электрического освещения* диапазоне (порядка 10 Гц).

Электротермические установки. Неблагоприятное влияние на питающую сеть оказывают, например, дуговые печи, которые могут иметь мощность до 10 МВт, сооружаются как однофазные. Это приводит к нарушению симметрии токов и напряжений. Кроме того, дуговые печи, как и вентильные установки, являются нелинейными ЭП с малой инерционностью. Поэтому они приводят к несинусоидальности токов, а, следовательно, и напряжений.

Современная электрическая нагрузка квартиры (коттеджа) характеризуется широким спектром бытовых ЭП, которые по их назначению и влиянию на электрическую сеть можно разделить на следующие группы: *пассивные потребители активной мощности* (лампы накаливания, нагревательные элементы утюгов, плит, обогревателей); ЭП *с асинхронными двигателями*, работающими *в трехфазном режиме* (привод лифтов, насосов — в системе водоснабжения и отопления и др.); ЭП *с асинхронными двигателями*, работающими *в однофазном режиме* (привод компрессоров холодильников, стиральных машин и др.); ЭП *с коллекторными двигателями* (привод пылесосов, электродвигателей и др.); *сварочные агрегаты переменного и постоянного тока* (для ремонтных работ в мастерской и др.); *выпрямительные устройства* (для зарядки аккумуляторов и др.); *радиоэлектронная аппаратура* (теле-

визоры, компьютерная техника и др.); *высокочастотные установки* (печи СВЧ и др.); лампы *люминесцентного освещения*.

Воздействие каждого отдельно взятого бытового ЭП незначительно, совокупность же ЭП, подключаемых к шинам 0,4 кВ трансформаторной подстанции, оказывает существенное влияние на питающую сеть.

Влияние отклонений напряжения

Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения на его выводах. При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на выводах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже номинального. При значительном снижении напряжения на выводах двигателей, работающих с полной нагрузкой, момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приведет к "опрокидыванию" двигателя, т. е. к его остановке.

Снижение напряжения ухудшает и условия пуска двигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент.

В случае снижения напряжения на зажимах двигателя реактивная мощность намагничивания уменьшается (на 2—3 % при снижении напряжения на 1 %), при той же потребляемой мощности увеличивается ток двигателя (можно считать, что при $\delta U = -10$ %, ток двигателя возрастет на 10 % от $I_{ном}$), что вызывает перегрев изоляции.

Если двигатель длительно работает при пониженном напряжении, то из-за ускоренного износа изоляции срок службы двигателя уменьшается. Приближенно срок службы изоляции T можно определить по формуле:

$$T = \frac{T_{ном}}{R},$$

где $T_{ном}$ — срок службы изоляции двигателя при номинальном напряжении и номинальной нагрузке;

R — коэффициент, зависящий от значения и знака отклонения напряжения δU_y, а также от коэффициента загрузки двигателя $k_з$ и равный:

$$R = (47\delta U^2 - 7{,}55\delta U + 1)k_3^2 \text{ при } -0{,}2 \le \delta U_y < 0;$$

$$R = k_3^2 \text{ при } 0{,}2 \ge \delta U_y > 0.$$

Снижение напряжения приводит также к заметному росту реактивной мощности, теряемой в реактивных сопротивлениях рассеяния линий, трансформаторов и АД.

Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. При этом удельное потребление реактивной мощности растет с уменьшением коэффициента загрузки двигателя. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3 % и более, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети.

В табл. 2.28 приведены характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения.

Таблица 2.28. **Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения**

Характеристики АД	δU, %	
	$-10\ \%\ U_{ном}$	$+10\ \%\ U_{ном}$
1. Пусковой и максимальный вращающий момент	−19	+21
2. Скольжение	+23	−17
3. КПД:		
при номинальной нагрузке	−2	+1
75 % от номинальной нагрузки	−2	+1
50 % от номинальной нагрузки	−(1...2)	(1...2)
4. Ток ротора	+14	−11
5. Ток статора	+10	−7

Синхронные двигатели (СД). Влияние изменения напряжения на СД во многом аналогично описанному выше для АД. Основные отличия состоят в том, что частота вращения не зависит от напряжения. Ток возбуждения для машинного возбудителя не зависит от напряжения сети, а при возбуждении от выпрямительной установки — пропорционален напряжению.

С изменением напряжения сети изменяется реактивная мощность СД, что имеет важное значение, если СД используется для компенсации реактивной мощности в СЭС. Характер изменения реактивной мощности, зависящей от режима тепловой нагрузки СД, при отклонении напряжения сети определяется рядом конструктивных параметров и показателей режима работы СД.

Машины постоянного тока. Изменение амплитудных значений напряжения оказывает заметное влияние на работу электрических машин постоянного тока. При этом существенное значение имеют система возбуждения машины и степень насыщения магнитных цепей. Частота вращения для двигателей постоянного тока с независимым возбуждением меняется прямо пропорционально изменению напряжения сети. Напряжение между пластинами коллектора, а следовательно, и его износ также зависит от напряжения сети.

Лампы накаливания характеризуются номинальными параметрами: потребляемой мощностью $P_{ном}$, световым потоком $F_{ном}$, световой отдачей $\eta_{ном}$ (равной отношению излучаемого лампой светового потока к ее мощности) и средним номинальным сроком службы $T_{ном}$. Эти показатели в значительной мере зависят от напряжения на выводах ламп накаливания. При отклонениях напряжения $\delta U = \pm\ 10\ \%$ эти характеристики приближенно можно описать следующими эмпирическими формулами:

$$P_{о.е} = \frac{P}{P_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{1,53},$$

$$F_{о.е} = \frac{F}{F_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{3,67},$$

$$T_{о.е} = \frac{T}{T_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{-14,8},$$

$$\eta_{о.е} = \frac{\eta}{\eta_{ном}} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^{2,14}.$$

Из кривых на рис. 2.1 видно, что со снижением напряжения наиболее заметно падает световой поток. При повышении напряжения сверх номинального увеличивается световой поток F, мощность лампы P и световая отдача η, но резко снижается срок службы ламп T и в результате они быстро перегорают. При этом имеет место и перерасход электроэнергии.

Люминесцентные лампы менее чувствительны к отклонениям напряжения. При повышении напряжения потребляемая мощность и световой поток увеличиваются, а при снижении — уменьшаются, но не в такой степени как у ламп накаливания. При пониженном напряжении условия зажигания люминесцентных ламп ухудшаются, поэтому срок их службы, определяемый распылени-

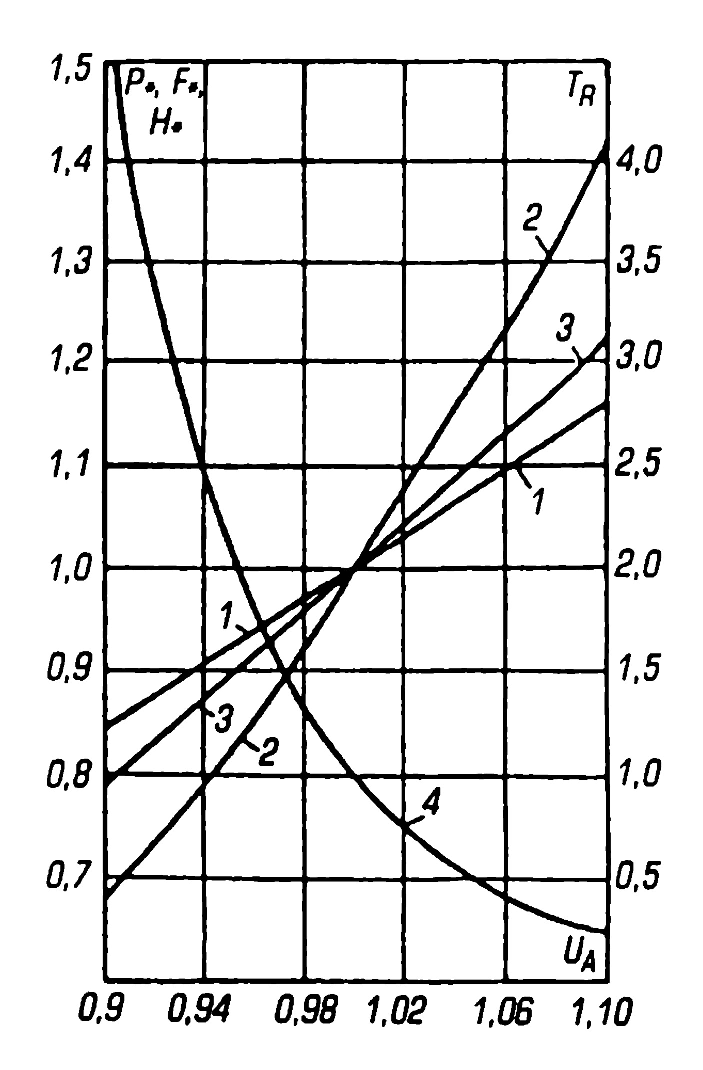


Рис. 2.1. Зависимости характеристик ламп накаливания от напряжения:

1 — потребляемая мощность; *2* — световой поток; *3* — световая отдача; *4* — срок службы

ем оксидного покрытия электродов, сокращается как при отрицательных, так и при положительных отклонениях напряжения.

При отклонениях напряжения $\delta U = \pm\ 10\ \%$ срок службы люминесцентных ламп в среднем снижается на 20—25 %. Существенным недостатком люминесцентных ламп является потребление ими реактивной мощности, которая растет с увеличением подводимого к ним напряжения.

Отклонения напряжения отрицательно влияют на качество работы и срок службы бытовой *электронной техники* (радиоприемники, телевизоры, телефонно-телеграфная связь, компьютерная техника).

Вентильные преобразователи обычно имеют систему автоматического регулирования постоянного тока путем фазового управления. При повышении напряжения в сети угол регулирования автоматически увеличивается, а при понижении напряжения уменьшается. Повышение напряжения на 1 % приводит к увеличению потребления реактивной мощности преобразователем примерно на 1—1,4 %, что приводит к ухудшению коэффициента мощности. В то же время другие показатели вентильных преобразователей с повышением напряжения улучшаются, и поэтому выгодно повышать напряжение на их выводах в пределах допустимых значений.

Электрические печи чувствительны к отклонениям напряжения. Понижение напряжения электродуговых печей, например, на 7 % приводит к удлинению процесса плавки стали в 1,5 раза. Повышение напряжения выше $1{,}05U_{\text{ном}}$ приводит к перерасходу электроэнергии.

Отклонения напряжения отрицательно влияют на работу электросварочных машин: например, для машин точечной сварки при $\delta U = \pm 15$ % получается 100 %-ный брак продукции.

Конденсаторные установки. Отклонения напряжения в сети оказывают значительное влияние на работу конденсаторных установок, используемых для компенсации реактивной мощности. В соответствии с зависимостью $Q_* = f_* K_и^2$ существенно изменяется выдаваемая в сеть реактивная мощность, где $Q_* = = \dot{Q}/Q_{ном}$ — относительное значение выдаваемой в сеть реактивной мощности (отношение фактической мощности Q к номинальной $Q_{ном}$ мощности конденсаторной установки).

В часы малых нагрузок имеют место наиболее высокие уровни напряжения в сети, которые могут представлять опасность для электросетевого оборудования, в том числе самих конденсаторов. В свою очередь, повышенные уровни напряжения способствуют увеличению отдаваемой в сеть реактивной мощности и еще большему увеличению уровня напряжения; и наоборот, в часы максимальных нагрузок имеет место повышенное потребление реактивной мощности и пониженные уровня напряжения. Это приводит к снижению реальной мощности конденсаторов, повышенному потреблению реактивной мощности из сети, росту потерь напряжения в ней и дальнейшему ухудшению качества ЭЭ.

Поскольку колебания напряжения имеют ограниченную длительность, существенно меньшую, чем постоянная времени нагрева наиболее чувствительных к КЭ элементов коммутационной аппаратуры, то преобладающим воздействующим фактором применительно к коммутационным аппаратам является *отклонение напряжения* достаточно большой длительности.

Чрезмерно высокие отклонения напряжения могут представлять опасность с точки зрения электрического пробоя главной изоляции аппаратов напряжением выше 1 кВ. При этом, чем выше класс номинального напряжения аппарата, тем больше опасность потенциального пробоя изоляции. Чрезмерное повышение напряжения в сети приводит к росту токов нагрузок и мощности КЗ, что вызывает ускоренный износ коммутационных аппаратов и может сказаться на их коммутационной способности. Для аппаратов с электрическими схемами включения реальную опасность представляет перегрев и преждевременный выход из строя

элементов схемы управления, находящихся во включенном состоянии достаточно длительное время. Понижение напряжения ниже номинального может сказаться только на качестве выполняемых коммутационных операций.

Влияние колебаний напряжения

К числу ЭП, чувствительных к колебаниям напряжения относятся *осветительные приборы, особенно лампы накаливания и электронная техника.*

Стандартом определяется воздействие колебаний напряжения на осветительные установки, влияющие на зрение человека. Мигание источников освещения (фликер-эффект) вызывает неприятный психологический эффект, утомление зрения и организма в целом. Это ведет к снижению производительности труда, а в ряде случаев и к травматизму. Наиболее сильное воздействие на глаз человека оказывают мигания с частотой 3—10 Гц, поэтому допустимые колебания напряжения в этом диапазоне минимальны — менее 0,5 %.

При одинаковых колебаниях напряжения отрицательное влияние ламп накаливания проявляется в значительно большей мере, чем газоразрядных ламп. Колебания напряжения более 10 % могут привести к погасанию газоразрядных ламп.

Колебания напряжения нарушают нормальную работу и уменьшают срок службы *электронной аппаратуры*: радиоприемников, телевизоров, телефонно-телеграфной связи, компьютерной техники, рентгеновских установок, радиостанций, телевизионных станций и т. д.

При значительных колебаниях напряжения (более 15 %) могут быть нарушены условия нормальной работы *электродвигателей*, возможно отпадание контактов магнитных пускателей с соответствующим отключением работающих двигателей.

Колебания напряжения с размахом 10—15 % могут привести к выходу из строя *батарей конденсаторов*, а также *вентильных преобразователей.*

Влияние несимметрии напряжений

Вследствие несимметричных токов нагрузки, протекающих по элементам системы электроснабжения, на выводах ЭП появляется несимметричная система напряжений. Отклонения напряжения у ЭП перегруженной фазы могут превысить нормально до-

пустимые значения, в то время как отклонения напряжения у ЭП других фаз будут находиться в нормируемых пределах. Кроме ухудшения режима напряжения у ЭП при несимметричном режиме, существенно ухудшаются условия работы как самих ЭП, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом.

Небольшая несимметрия напряжений ($K_{0U} \approx 1$ %) вызывает значительные токи обратной последовательности. Токи обратной последовательности накладываются на токи прямой последовательности и вызывают дополнительный нагрев статора и ротора асинхронного двигателя, что приводит к ускоренному старению изоляции, уменьшению располагаемой мощности и КПД двигателя. Так, срок службы полностью загруженного асинхронного двигателя, работающего при несимметрии напряжения 4 %, сокращается в 2 раза. При несимметрии напряжения 5 % располагаемая мощность двигателя уменьшается на 5—10 %.

При несимметрии напряжений сети в *синхронных машинах* наряду с возникновением дополнительных потерь активной мощности и нагревом статора и ротора могут возникнуть опасные вибрации, которые при недостаточной прочности и наличии дефектов сварных соединений могут оказаться опасными. При несимметрии токов, не превышающей 30 %, опасные перенапряжения в элементах конструкций, как правило, не возникают.

Токи нулевой последовательности протекают постоянно через заземлители. При этом дополнительно высушивается и увеличивается сопротивление заземляющих устройств. Это может быть недопустимым с точки зрения работы релейной защиты, а также из-за усиления воздействия на низкочастотные установки связи и устройства железнодорожной блокировки.

Несимметрия напряжения значительно ухудшает режимы работы многофазных *вентильных выпрямителей*: значительно увеличивается пульсация выпрямленного напряжения, ухудшаются условия работы системы импульсно-фазового управления тиристорных преобразователей.

Конденсаторные установки при несимметрии напряжений неравномерно загружаются реактивной мощностью по фазам, что делает невозможным полное использование установленной конденсаторной мощности. Кроме того, конденсаторные установки в этом случае усиливают уже существующую несимметрию, так

как выдача реактивной мощности в сеть в фазе с наименьшим напряжением будет меньше, чем в остальных фазах (пропорционально квадрату напряжения на конденсаторной установке).

Несимметрия напряжений значительно влияет и на однофазные ЭП, если фазные напряжения неравны, то, например, лампы накаливания, подключенные к фазе с более высоким напряжением, имеют больший световой поток, но значительно меньший срок службы по сравнению с лампами, подключенными к фазе с меньшим напряжением. Несимметрия напряжений усложняет работу релейной защиты, ведет к ошибкам при работе счетчиков электроэнергии и т. д.

Влияние несинусоидальности напряжения

ЭП с нелинейными вольтамперными характеристиками потребляют из сети несинусоидальные токи при подведении к их зажимам синусоидального напряжения. Токи высших гармоник, проходя по элементам сети, создают падения напряжения в сопротивлениях этих элементов и, накладываясь на основную синусоиду напряжения, приводят к искажениям формы кривой напряжения в узлах электрической сети.

Наиболее серьезные нарушения КЭ в электрической сети имеют место при работе мощных управляемых *вентильных преобразователей.*

В зависимости от схемы выпрямления *вентильные преобразователи* генерируют в сеть следующие гармоники тока: при 6-фазной схеме — до 19-го порядка; при 12-фазной схеме — до 25-го порядка включительно.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с *электродуговыми сталеплавильными и руднотермическими печами* определяется в основном 2, 3, 4, 5, 7-й гармониками.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения *установок дуговой и контактной сварки* определяется в основном 5, 7, 11, 13-й гармониками.

Токи 3-й и 5-й гармоник *газоразрядных ламп* составляют 10 и 3 % от тока 1-й гармоники. Эти токи совпадают по фазе в соответствующих линейных проводах сети и, складываясь в нулевом проводе сети 380/220 В, обусловливают ток в нем, почти равный току в фазном проводе. Остальными гармониками для газоразрядных ламп можно пренебречь.

Исследования кривой тока намагничивания *трансформаторов*, включенных в сеть синусоидального напряжения, показали, что при трехстержневом сердечнике и соединениях обмоток $\curlywedge/\curlywedge$ и $\Delta/\curlywedge$ в электрической сети имеются все нечетные гармоники.

Если на вводы трансформаторов подается несинусоидальное напряжение, возникают дополнительные составляющие высших гармоник тока.

Высшие гармоники тока и напряжения вызывают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения: *в линиях электропередачи, трансформаторах, электрических машинах, статических конденсаторах*, так как сопротивления этих элементов зависят от частоты.

В конденсаторах, предназначенных для компенсации реактивной мощности, даже небольшие напряжения высших гармоник могут вызвать значительные токи гармоник. На предприятиях с большим удельным весом нелинейных нагрузок батареи конденсаторов или отключаются защитой от перегрузки по току или за короткий срок выходят из строя из-за вспучивания банок.

Высшие гармоники вызывают:

— ускоренное старение изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей;

— ухудшение коэффициента мощности ЭП;

— ухудшение или нарушение работы *устройств автоматики, телемеханики, компьютерной техники и других устройств с элементами электроники;*

— погрешности измерений *индукционных счетчиков электроэнергии*, которые приводят к неполному учету потребляемой электроэнергии;

— нарушение работы самих *вентильных преобразователей* при высоком уровне высших гармонических составляющих.

Влияние отклонения частоты

Жесткие требования стандарта к отклонениям частоты питающего напряжения обусловлены значительным влиянием частоты на режимы работы электрооборудования и ход технологических процессов производства.

Анализ работы предприятий с непрерывным циклом производства показал, что большинство основных технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным

моментами сопротивлений, а их приводами служат *асинхронные двигатели.* Частота вращения роторов двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя.

Наиболее чувствительны к понижению частоты *двигатели собственных нужд электростанций.* Снижение частоты приводит к уменьшению их производительности, что сопровождается снижением располагаемой мощности генераторов и дальнейшим дефицитом активной мощности и снижением частоты (имеет место лавина частоты).

Такие ЭП, как *лампы накаливания, печи сопротивления, дуговые электрические печи* на изменение частоты практически не реагируют.

Кроме этого, пониженная частота в электрической сети влияет на срок службы оборудования, содержащего элементы со сталью (электродвигатели, трансформаторы, реакторы со стальным магнитопроводом), за счет увеличения тока намагничивания в таких аппаратах и дополнительного нагрева стальных сердечников.

Влияние электромагнитных помех

Применение электронных и микроэлектронных систем управления, микропроцессоров и ЭВМ привело к снижению уровня помехоустойчивости систем управления ЭП и резкому возрастанию количества их отказов. Основной причиной отказов является воздействие электромагнитных переходных помех, возникающих при электромагнитных переходных процессах как в сетях энергосистем, так и в городских, и промышленных электрических сетях.

Характеристикой электромагнитных переходных помех являются провалы и импульсы напряжения, кратковременные перенапряжения. Для этих ПКЭ стандарт не устанавливает допустимых численных значений, однако, рассматривает эти помехи в рамках проблемы электромагнитной совместимости.

При значениях всех ПКЭ по напряжению, отличных от нормируемых, происходит ускоренное старение изоляции электрооборудования, в результате возрастает интенсивность потоков отказов с течением времени.

Качество электроэнергии существенно влияет на надежность электроснабжения, поскольку аварийность в сетях с низким КЭ выше, чем в случае, когда ПКЭ находятся в допустимых пределах.

Улучшение качества электроэнергии в системах электроснабжения

Принципиально существует три возможности улучшения показателей КЭ и обеспечения электромагнитной совместимости потребителей и электросистемы:

— уменьшение сопротивлений элементов системы электроснабжения;

— изменение напряжений симметричных составляющих;

— ограничение токов симметричных составляющих основной и высших гармонических частот в местах их возникновения.

Первая возможность заключается в использовании сдвоенных реакторов, установок продольной компенсации реактивной мощности, быстродействующих токоограничивающих устройств. Эти методы позволяют осуществить параметрическую стабилизацию режима напряжений, но не устраняют несимметрию и несинусоидальность токов и вызванные ими последствия (перегрузка обмоток вращающихся машин токами обратной последовательности, конденсаторных батарей токами высших гармоник, потери мощности и пр.).

Вторая возможность — создание симметричной системы напряжений на зажимах многофазного ЭП, подключенного к несимметричной системе. Ее реализация, как правило, сопряжена со значительными затратами и ограничивается индивидуальными ЭП. При этом несимметрия входных токов и напряжений не устраняется. Такой путь может быть использован, например, при разработке устройств питания трехфазных потребителей от системы *два провода — земля, рельс, труба* от однофазной сети; для симметрирования напряжений сети, подключенной к неполнофазной линии электропередач; для стабилизации напряжения. При реализации этого способа из-за фильтров симметричных составляющих возникают большие потери энергии, обусловленные активными элементами фильтра.

Третья возможность состоит в ограничении нагрузочных токов симметричных составляющих до допустимых значений с помощью поперечно включаемых компенсирующих устройств. Принципиальное отличие этого метода от двух предыдущих заключается в том, что его использование устраняет причину возникновения несимметрии (токи), а не ее следствие (напряжение).

Действительно, несимметричные нагрузки являются источниками токов симметричных составляющих и максимальные значения напряжений с порядком следования фаз, отличных от пря-

мого, имеют место в точках подключения указанных нагрузок к многофазной системе. Ограничивая токи симметричных составляющих в местах их возникновения, можно обеспечить допустимый режим во всех узлах сети и, что особенно важно, уменьшить потери ЭЭ. Одновременно при таком способе открываются широкие возможности создания компенсирующих устройств многофункционального назначения. Так, например, симметричные схемы конденсаторных батарей или фильтров с последовательным соединением L—C элементов позволяют осуществить либо только компенсацию реактивной мощности (РМ), либо компенсацию РМ и фильтрацию высших гармоник. Изменив схему подключения этих элементов, можно также осуществить симметрирование токов без дополнительных затрат.

Радикальным средством улучшения КЭ является применение компенсации реактивной мощности (КРМ), которая напрямую связана с режимом напряжения.

Ниже указаны способы снижения отклонений, колебаний и несинусоидальности напряжения.

Применяют следующие способы снижения отклонений и колебаний напряжения.

1. Изменение коэффициента трансформации трансформаторов и автотрансформаторов позволяет осуществлять регулирование напряжения в сетях и у электроприемников СЭС.

Существует два типа устройств у силовых трансформаторов для регулирования напряжения: под нагрузкой (РПН) и без нагрузки (ПБВ).

Трансформаторы с РПН более предпочтительны, диапазон регулирования до 10—16 % $U_{ном}$.

Для регулирования при отключенной нагрузке для распределительных сетей наиболее часто используют переключатели типа ПБВ с пределами регулирования +5; +2,5; 0; -2,5; -5 % от $U_{ном}$.

2. Приближение ЭП с резко переменным графиком нагрузки к основным, наиболее мощным источникам питания.

Приближение источников питания к крупным ЭП с резкопеременным графиком нагрузки позволяет сократить сферу влияния этих ЭП на прочие потребители за счет демпфирования толчков нагрузок мощными трансформаторами.

3. Уменьшение индуктивного сопротивления линии внешнего электроснабжения. Реализация этого способа заключается, например, в отказе от шинопроводов, в уменьшении индуктивности ре-

акторов, в замене шинопроводов кабельными линиями, а также в применении продольной компенсации реактивной мощности.

4. Предусматривают питание крупных ЭП с резкопеременной нагрузкой от отдельных линий, идущих от источника питания ГПП, ТЭЦ, выделение целой секции шин для подпитки ДСП.

5. Ограничение пусковых токов и токов самозапуска электродвигателей.

Нежелателен групповой пуск АД, что может привести к отпаданию контактов магнитного пускателя.

6. Применение автоматического регулирования возбуждения мощных синхронных двигателей.

7. Использование параллельной работы питающих линий и трансформаторов на ГПП (при замкнутом секционном выключателе).

8. Электроснабжение осветительных нагрузок от отдельных трансформаторов.

В случае, когда показатели качества ЭЭ, характеризующие *несинусоидальность*, не удается довести схемным путем до *нормированных значений*, для ограничения несинусоидальности приходится устранять гармоники высшего порядка с помощью соответствующих фильтров, подключаемых параллельно к сети. Фильтрующий эффект будет тогда, когда фильтр настроен в резонанс с частотой высшей гармоники.

На практике применяют двух- и четырехзвенные фильтры на $3 \div 11$ гармоник. Фильтры присоединяют как в местах возникновения несимметрии напряжения, так и в пунктах присоединения источников возникновения несимметрии к сети. Применяют также специальные устройства с регулированием — ФКУ (фильтрокомпенсирующие устройства).

Таблица 2.29. **Приборы контроля качества электроэнергии**

Наименование прибора	№ регистрации в Государственном реестре средств измерения	Срок действия	Изготовитель
ЭРИС-КЭ.01	18470—99	Бессрочный (на партию 100 шт.)	ООО «Энергоконтроль», г. Москва (МЭИ)
ППКЭ-1-50	16024—98	До 01.12.2003	Московский государственный открытый университет (МГОУ)
РЕСУРС-UF	19044—99	До 01.05.2005	НПП «Энерготехника», г. Пенза

Наименование прибора	№ регистрации в Государственном реестре средств измерения	Срок действия	Изготовитель
ИВК ОМСК	18070—99	Бессрочный (на партию 30 шт.)	ООО «Энерготехнология», г. Омск
АПКЭ-1	22298—01	10 лет	НПФ «Прософт-Е», г. Екатеринбург

2.5. Схемы и группы соединения трансформаторов

Учитывая возможность включения на параллельную работу трансформаторов, у которых одинаковые группы соединения обмоток, на рис. 2.2÷2.7 представлены возможные схемы и группы соединения обмоток трехфазных и однофазных трансформаторов и трехфазных автотрансформаторов.

Обозначения:

A, B, C — начала фазных обмоток высшего напряжения (ВН);

a, b, c — то же низшего напряжения (НН);

X, Y, Z — концы фазных обмоток высшего напряжения (ВН);

x, y, z — то же низшего напряжения (НН);

12 и *11* — угловое смещение вектора линейного напряжения обмотки НН по отношению к аналогичному вектору линейного напряжения обмотки ВН (*12* — смещение на 360° или, что то же, на 0°; *11* — смещение на 330°).

Группу соединения Y/Y_0—12 применяют в том случае, когда предполагается смешанная нагрузка — силовая (трехфазная) и осветительная (однофазная). Это соединение применяют для трансформаторов с $U_1 \leq 35$ кВ и при вторичном напряжении $U_2 \leqslant 525$ В. Группу Y/Δ — 11 применяют для мощных трансформаторов с $U_1 \leqslant 35$ кВ и при вторичном напряжении $U_2 > 525$ В. Группу Y_0/Δ — 11 применяют для мощных трансформаторов $S <$ < 6300 кВ·А и $U_1 > 35$ кВ, предназначенных для линий передач.

С 1961 г. установлена следующая шкала мощностей трансформаторов:

10;		16;	25;		40;	63;	
100;		160;	250;		400;	630;	
1 000;		1 600;	2 500;		4 000;	6 300;	
10 000;		16 000;	25 000;	32 000;	40 000;	63 000;	80 000;
100 000;	125 000;	160 000;	200 000;	250 000;	320 000;	400 000;	500 000;
						630 000;	800 000

Характерной особенностью шкалы является то, что каждые пять последующих мощностей увеличены в десять раз по сравнению с пятью предыдущими.

Таблица 2.30. **Распределение трансформаторов по габаритам**

Габарит	Напряжение, кВ	Мощность, кВ·А
I	До 35 включительно	5—100
II	До 35 включительно	160—630
III	До 35 включительно	160—6300
IV	До 35 включительно	10000 и выше
	35—110	До 10000 включительно
V	До 110 включительно	Выше 10000
	Выше 110	Независимо от мощности
VI	400 и 500	То же

Схемы соединения обмоток		Диаграммы векторов напряжений холостого хода		Условные обозначения
ВН	НН	ВН	НН	
				Y/Yн – 0
				Y/Δ – 11
				Yн/Δ – 11
				Y/Zн – 11
				Δ/Yн – 11
				Δ/Δ – 0

Рис. 2.2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Схема соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений холостого хода		Условные обозначения
A X	x a	A X	a x	1/1–0

Рис. 2.3. Схема и группа соединения обмоток однофазных двухобмоточных трансформаторов

Схемы соединения обмоток			Диаграммы векторов напряжений холостого хода			Условные обозначения
ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
0 A B C X Y Z	C_m B_m A_m 0_m Z_m Y_m X_m	c b a z y x	B A C	B_m A_m C_m	b c a	$У_н/У_н/\Delta$–0–11
0 A B C X Y Z	C_m B_m A_m Z_m Y_m X_m	c b a z y x	B A C	B_m C_m A_m	b a c	$У_н/\Delta/\Delta$–11–11

Рис. 2.4. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных трехобмоточных трансформаторов

Схема соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений ХХ		Условное обозначение
ВН и СН	НН	ВН и СН	НН	
0 A A_m B B_m C C_m X Y Z	c b a z y x	B B_m C_m A_m A C	b c a	$У_{н\,авто}/\Delta$–0–11

Рис. 2.5. Схема и группа соединения обмоток трехфазных трехобмоточных автотрансформаторов

Схемы соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений холостого хода		Условные обозначения
ВН	НН	ВН	НН	
O A B C X Y Z	c_1 b_1 a_1 z_1 y_1 x_1 c_2 b_2 a_2 z_2 y_2 x_2	B A C	b_1 c_1 a_1 b_2 c_2 a_2	$У_н/\Delta-\Delta-11-11$
A B C X Y Z	c_1 b_1 a_1 z_1 y_1 x_1 c_2 b_2 a_2 z_2 y_2 x_2	B A C	b_1 a_1 c_1 b_2 a_2 c_2	$\Delta/\Delta-\Delta-0-0$

Рис. 2.6. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой НН

Схема соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений холостого хода		Условное обозначение
ВН	НН			
A X	x_1 a_1 x_2 a_2	A X	a_1 x_1 a_2 x_2	1/1-1-0-0

Рис. 2.7. Схемы и группы соединения обмоток однофазных двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой НН

2.6. Расчетные формулы для определения основных параметров трансформаторов

Таблица 2.31. **Расчетные формулы для определения основных параметров трансформаторов**

Наименование величин	Формулы	Обозначения
Токи обмоток	$I_1 = \dfrac{S_{т.ном}}{\sqrt{3}\,U_{1ном}}$; $I_2 = \dfrac{S_{т.ном}}{\sqrt{3}\,U_{2ном}}$	I_1, I_2 — токи первичной и вторичной обмоток, А; U_1, U_2 — то же линейные напряжения, В;
Коэффициент трансформации	$k = \dfrac{w_1}{w_2} \cong \dfrac{U_1}{U_2}$	w_1, w_2 — числа витков одной фазы обмоток
Приведение величин вторичной обмотки к первичной	$r_2' = r_2k^2$; $x_2' = x_2k^2$; $z_2' = z_2k^2$	Приведенные величины обозначают штрихом
Сопротивления короткого замыкания	$r_к = r_1 + r_2'$; $x_к = x_1 + x_2'$; $z_к = z_1 + z_2'$	$r_к$, $x_к$, $z_к$ — активные, реактивные и общее сопротивления КЗ фазы трансформатора, Ом
Активные потери мощности в трансформаторе при нагрузке	$\Delta P_т = \Delta P_х + k_з^2\,\Delta P_к$; $\Delta P_к = 3\,I_{ном}^2\,r_к$; $k_з = S/\,S_{т.ном}$	$\Delta P_х$ — активные потери холостого хода, кВт; $\Delta P_к$ – активные нагрузочные потери в обмотках при номинальном токе, кВт; $k_з$ — коэффициент загрузки $S_{т.ном}$ — номинальная мощность трансформатора
Приведенные активные потери мощности в трансформаторе при нагрузке	$\Delta P_т' = \Delta P_х' + k_з^2\,\Delta P_к'$ $\Delta P_х' = \Delta P_х + k_{и.п}\Delta Q_х$ $\Delta Q_х = S_{т.ном} \cdot \dfrac{I_х\%}{100}$ $\Delta P_к' = \Delta P_к + k_{и.п}\,\Delta Q_к$ $\Delta Q_к = S_{т.ном} \cdot \dfrac{u_к\%}{100}$	S — фактическая нагрузка трансформатора $k_{и.п}$ — коэффициент изменения потерь, кВт/квар $\Delta Q_х$ — реактивные потери мощности холостого хода $\Delta Q_к$ — реактивные потери мощности КЗ Значения $k_{и.п}$ даны ниже

Наименование величин	Формулы	Обозначения
Напряжения КЗ	$u_к = \sqrt{u_{к.а}^2 + u_{к.х}^2}$ $u_{к.а} = \frac{I_{ном} r_к}{U_{ном}} \cdot 100$ $u_{к.а} = \frac{\Delta P_к}{S_{т.ном}} \cdot 100$ $u_{к.х} = \frac{I_{ном} x_к}{U_{ном}} \cdot 100$	$u_к$ — напряжение КЗ, В или %; $u_{к.а}$, $u_{к.х}$ — активная и реактивная составляющие напряжения КЗ, В или %;
Мощность и ток КЗ трансформатора	$S_к = \frac{S_{т.ном} \cdot 100}{u_к\%}$ $I_к = I_{ном} \frac{100}{u_к\%}$	$S_к$ — мощность КЗ, кВ · А;
Число витков первичной обмотки	$w_1 = \frac{U_{1ф} \cdot 10^8}{4{,}44 \cdot f \cdot Ф}$	$U_{1ф}$ — фазное напряжение первичной обмотки, В; Ф — фазный поток, $Ф = B_{ст} \cdot Q_{ст}$ мкс; $B_{ст}$ — индукция в стержне; $B_{ст} = 13 \div 14{,}5 \cdot 10^3$ Гс; $Q_{ст}$ — активное сечение стержня, см^2
Активное и реактивное сопротивления двухобмоточного трансформатора, Ом	$r_к = \frac{\Delta P_к \cdot U_{ном}^2}{S_{т.ном}}$ $x_к = \frac{10 u_{к.x} \cdot U_{ном}^2}{S_{т.ном}}$	
Падение напряжения в обмотках трансформатора при нагрузке, В или %	$\Delta U = k_з(u_{к.а} \cos\varphi + u_{к.x} \sin\varphi) +$ $+ \frac{k_з^2(u_{к.x} \cos\varphi - u_{к.а} \sin\varphi)^2}{200}$	Если нагрузка смешанная (активная и индуктивная), то вторым членом можно пренебречь

Наименование величин	Формулы	Обозначения
Потери напряжения при пуске асинхронного короткозамкнутого двигателя (приближенно)	$\Delta U = \frac{K_i S_{дв} + S_2}{S_к}$ $K_i = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	ΔU — потеря напряжения, %; $S_{дв}$ — номинальная мощность двигателя, кВ · А; S_2 — мощность других потребителей, присоединенных к шинам трансформаторов, кВ · А; K_i — кратность пускового тока относительно номинального
КПД трансформатора	$\eta = 1 - \frac{\Delta P_x + k_з^2 \Delta P_к}{k_з S_{т.\ ном} \cos\varphi + \Delta P_x + k_з^2 \Delta P_к}$	Наибольший КПД имеет место при коэффициенте загрузки: $k_з = \sqrt{\frac{\Delta P_к}{\Delta P_x}}$

Коэффициент изменения потерь в трансформаторах

Характеристика трансформатора и системы электроснабжения	$k_{и.п}$, кВт/квар	
	в часы максимума энергосистемы	в часы минимума энергосистемы
Трансформаторы, питающиеся непосредственно от шин электростанций	0,02	0,02
Сетевые трансформаторы, питающиеся от электростанций на генераторном напряжении	0,07	0,04
Понижающие трансформаторы 110/35/10 кВ, питающиеся от районных сетей	0,1	0,06
Понижающие трансформаторы 6—10/0,4 кВ, питающиеся от районных сетей	0,15	0,1

2.7. Параллельная работа трансформаторов

Параллельная работа трансформаторов допускается, если: группы соединения обмоток трансформаторов одинаковы; одинаковы напряжения как первичных, так и вторичных обмоток, т. е. коэффициенты трансформации равны или различаются не более чем на ± 0,5 %; напряжения КЗ отличаются не более чем на ± 10 %; произведена фазировка трансформаторов.

В системах электроснабжения промышленных предприятий во многих случаях эксплуатации электрооборудования возникает необходимость параллельной работы трансформаторов.

Трансформаторы должны допускать параллельную работу в следующих сочетаниях: двухобмоточных между собой, трехобмоточных между собой на всех трех обмотках, а также двухобмоточных с трехобмоточными, если эксплуатирующей организацией предварительным расчетом установлено, что ни одна из обмоток параллельно соединенных трансформаторов не нагружается выше ее нагрузочной способности на тех ответвлениях и в тех режимах, в которых предусматривается параллельная работа.

При включении на параллельную работу трансформаторов с различными коэффициентами трансформации напряжения на зажимах их вторичных обмоток будут различными. Разность вторичных напряжений вызывает прохождение *уравнительных токов*. Значение уравнительного тока может быть подсчитано по формуле

$$I_у = \frac{\Delta U}{z_{к1} + z_{к2}},$$

где $\Delta U = U_1 - U_2$ — разность вторичных напряжений трансформаторов; $z_{к1}$ и $z_{к2}$ — полные сопротивления КЗ первого и второго трансформаторов, определяемые по формуле

$$z_к = \frac{u_{к\%} U_{ном}}{100 I_{ном}},$$

где $u_{к\%}$ — напряжение КЗ.

2.8. Характерные неисправности трансформаторов и способы их устранения

1. *«Старение» межлистовой изоляции магнитопровода*, отдельные местные повреждения ее, замыкание отдельных листов. Признаки повреждения — увеличение тока и потерь холостого хода, быстрое ухудшение состояния масла, понижение его температуры вспышки, повышение кислотности масла и понижение пробивного напряжения.

2. *«Пожар» стали*, повреждение изоляции стяжных болтов, замыкание листов магнитопровода, касание в двух местах магнитопровода каких-нибудь металлических частей, в результате чего образуются замкнутые контуры для вихревых потоков. Признаки повреждения —повышение температуры трансформатора, появление газа черного или бурого цвета в газовом реле, воспламеняющегося при поджоге. Масло меняет цвет, становится темным и имеет резкий специфический запах вследствие разложения (крекинг-процесс).

3. *Ослабление прессовки магнитопровода*, свободное колебание крепящих деталей, колебание крайних листов магнитопровода. Признаки повреждения — ненормальное гудение, дребезжание, жужжание. Эти же признаки могут быть и следствием повышения против нормального первичного напряжения.

4. *«Старение» и износ изоляции.* Износ изоляции может произойти из-за длительной эксплуатации трансформатора, однако наблюдается и преждевременный износ, который является результатом частых перегрузок или недостаточно интенсивного охлаждения при номинальной нагрузке. Ухудшение условий охлаждения может произойти из-за осадков шлама на обмотки, загрязнения междуобмоточных промежутков и при "старении" масла.

В практике принято следующее разделение изоляции по классам годности:

1-й класс — изоляция эластичная, мягкая, не дает трещин и деформаций; такая изоляция считается хорошей;

2-й класс — изоляция твердая, прочная, без трещин, не дает трещин и деформаций при нажатии рукой и с трудом отделяется с помощью ножа; такое состояние изоляции считается удовлетворительным;

3-й класс — изоляция хрупкая, при нажатии или постукивании расслаивается или появляются мелкие трещины и деформации;

4-й класс — изоляция имеет трещины, при нажатии рукой осыпается, замечаются оголенные участки; изоляция считается плохой, и требуется смена обмоток.

Для определения прочности изоляционных прокладок в ремонтной практике проверка состояния электрокартона производится на образцах, вырезанных из изоляции различных частей трансформаторов. Вырезанную полоску электрокартона сгибают пальцами под прямым углом или складывают вдвое без сдавливания листа сгиба. Если при полном сгибе вдвое электрокартон не ломается, изоляция считается хорошей, если при полном сгибе ломается, то удовлетворительной, т. е. ограниченно годной, а если картон ломается еще при сгибе до прямого угла, то негодной.

5. *Витковое замыкание в обмотках.* Такое замыкание возникает при разрушении изоляции обмотки вследствие ее износа, деформация обмоток при КЗ, толчка нагрузки, различного рода перенапряжениях в аварийных режимах, снижениях уровня масла до обнажения обмоток и в других случаях. Признаки повреждения — работа газовой защиты на отключение трансформатора с выделением горючего газа бело-серого или синеватого цвета; ненормальный нагрев трансформатора с характерным бульканьем, неодинаковое сопротивление обмоток фаз при измерении их постоянным током. При значительных витковых замыканиях приводится в действие максимальная защита.

6. *Обрыв обмотки*, возникающий при сгорании выходных концов вследствие термического действия и электромеханических усилий токов короткого замыкания, плохой пайки проводников, выгорании части витков при витковых замыканиях. Признаки повреждения — работа газовой защиты вследствие образования дуги в месте обрыва.

7. *Пробой и перекрытие внутренней и внешней изоляции трансформатора.* Причинами перекрытия могут являться значительный износ изоляции, появление в ней трещин, в которые попадает грязь и сырость, а также атмосферные и коммутационные перенапряжения.

Рассмотрим более подробно возможные неисправности силовых трансформаторов.

Трансформаторы отечественного производства просты по конструкции, надежны и удобны в эксплуатации. Случаи повреждения трансформаторов вызваны: нарушением действующих правил эксплуатации, аварийными и ненормированными режимами работы, старением изоляции обмоток, некачественной сборкой их на заводе или при монтаже и ремонте. Опыт монтажа и ремонта трансформаторов показывает, что две трети повреждений возникает в результате неудовлетворительного ремонта, монтажа и эксплуатации и одна треть — вследствие заводских дефектов. *Основные повреждения приходятся на обмотки, отводы, выводы и переключатели* (около 84 %).

Наиболее серьезная неисправность трансформаторов возникает при повреждении магнитопроводов ("пожар стали"), вследствие нарушения изоляции между отдельными листами стали и стягивающими их болтами. В стыковых магнитопроводах причиной аварий бывает нарушение изоляции в стыках между ярмом и стержнями. Местные нагревы стали магнитопровода возникают в результате разрушения или износа изоляции стяжных болтов, повреждения междулистовой изоляции и плохого контакта электрических соединений.

Междувитковые замыкания в обмотках и секционные пробои и замыкания возникают при толчкообразных нагрузках или коротких замыканиях и в результате деформации секций от механических усилий при токах короткого замыкания и при повреждении изоляции трансформации от атмосферных перенапряжений. *Обрывы заземления* магнитопрода также приводят к повреждению трансформатора, поэтому все металлические части магнитопровода, кроме стяжных шпилек, соединяют с баком трансформатора, который надежно заземлен полоской луженой жести или латуни толщиной 0,5 мм и шириной 25—30 мм. Способы заземления магнитопровода зависят от его конструкции. Это соединение может быть выполнено перемычкой между вертикальным прессующим болтом и болтом, крепящим крышку к баку трансформатора. *При ремонте трансформатора следят за исправностью описанного заземления.*

Обмотки — наиболее уязвимая часть трансформаторов, часто выходящая из строя. Наиболее распространенные повреждения

обмотки — замыкания межу витками и на корпус, междусекционные пробои, электродинамические разрушения, обрыв цепи. Перечисленные повреждения происходят в результате естественного износа изоляции, нарушения ее механической прочности при сроке работы выше 15 лет. Изоляция разрушается также при длительных перегрузках трансформатора, сопровождаемых перегревом обмоток (около 105 °С).

При сквозных токах КЗ вследствие динамических усилий наблюдается деформация обмоток, сдвиг их в осевом направлении и, как правило, механическое разрушение изоляции. Отгорание выводных концов, электродинамические усилия, небрежное соединение концов вызывают обрыв цепи обмоток, замыкание их на корпус или пробои с выходом трансформатора из строя.

При эксплуатации могут наблюдаться потрескивания внутри трансформатора, свидетельствующие о том, что между обмотками или их ответвлениями и корпусом происходят разряды (обмотки и металлические части магнитопроводов в трансформаторах представляют собой обкладки конденсатора). Это явление возникает в результате замыканий обмоток или ответвлений на корпус трансформатора при перенапрежениях или обрыве сети заземления. В этом случае трансформатор должен быть немедленно отключен, после чего газ необходимо проверить на горючесть и отобрать пробу газа для проведения химического анализа.

Основные неисправности выводов трансформаторов: трещины, сколы и разрушения изоляторов в результате атмосферных перенапряжений, наброса металлических предметов или попадания животных на трансформатор, что приводит к междуфазному короткому замыканию на выводах, загрязнения изоляторов, некачественная армировка и уплотнение, срыв резьбы стержня при неправильном навинчивании и затягивании гайки. Н*аиболее характерные повреждения выводов* — течь масла между фланцем вывода и крышкой, в армировке или в месте выхода стержня. Фланец представляет собой чугунную обойму и предназначен для крепления фарфорового вывода (изолятора) на крышке трансформатора, фарфоровый изолятор армирован во фланце армировочной замазкой, фланец закрепляется на крышке трансформатора болтами. *Между фланцем и крышкой плотно уложена резиновая прокладка, на которую следует обратить внимание при ремонте.*

Наиболее частые повреждения переключателей — оплавление или полное выгорание контактных поверхностей, вызываемое термическим действием токов короткого замыкания при недостаточном давлении (нажатии) подвижных контактов на неподвижные или при неполном их соприкосновении между собой.

Нарушение прочности сварных швов и недостаточная плотность прокладки между баком и крышкой вызывает течь масла из бака. Устраняют течь масла сваркой, а небольшие волосяные трещины ликвидируют чеканкой. Материалом для покрышечного уплотнения служит маслоупорная резина (марок С-90 и М-14) и пробковая прокладка; в отдельных случаях применяют картон неэлектрический, хлопчатобумажную или пеньковую веревку, асбестовый шнур. Прокладка из листового материала (клингерита, резины и пробкового листа) состоит из отдельных частей, которые соединены клеем или лаком.

Неисправности трансформаторов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Повышенное гудение в трансформаторе	Ослабление прессовки магнитопровода	Подтянуть прессующие шпильки (у масляного трансформатора выполняют при вынутом сердечнике)
	Появление замыкания между витками	Отправить трансформатор для капитального ремонта
	Ослабление болтов, крепящих крышку (кожух) трансформатора	Проверить затяжку всех болтов
Потрескивание внутри трансформатора	Обрыв заземления магнитопровода	Восстановить заземление (у масляного трансформатора выполняют при вынутом сердечнике)
Выходные напряжения фаз неодинаковы при одинаковых первичных напряжениях	Недостаточен контакт в соединении одного из вводов. Обрыв в обмотках трансформатора	Отправить трансформатор для капитального ремонта
Течь масла	Нарушение плотности:	
	сварных швов бака	То же
	между крышкой и баком во фланцевых соединениях	Подтянуть болты, гайки. Если не поможет, установить новое уплотнение

Аварии, связанные с пожаром трансформаторов. При грозовом разряде и перекрытии ввода трансформатора может возникнуть пожар трансформатора. Масло, вытекающее под давлением, загорается.

При возникновении пожара трансформатора необходимо снять с него напряжение (если он не отключился от действия защиты), вызвать пожарную команду, известить руководство предприятия и приступить к тушению пожара. При тушении пожара следует принять меры для предотвращения распространения огня, исходя из создавшихся условий. При фонтанировании масла из вводов и поврежденных уплотнений необходимо для уменьшения давления масла спустить часть масла в дренажные устройства. При невозможности ликвидировать пожар основное внимание должно уделяться защите от огня расположенных рядом трансформаторов и другого неповрежденного оборудования.

Если признаков повреждения (потрескивания, щелчки внутри бака, выброс масла) не выявлено, а сигнал газовой защиты появился, то отбирать пробы газа на анализ можно без отключения трансформатора. При обнаружении горючего газа или газа, содержащего продукты разложения, трансформатор должен быть немедленно отключен, после чего на нем должны быть проведены измерения и испытания.

Если проверкой установлено, что выделяется негорючий газ и в нем отсутствуют продукты разложения, то устанавливают наблюдение за работой трансформатора и последующим выделением газа. При учащении появления газа в реле и работы защиты на сигнал трансформатор следует отключить.

Совместное срабатывание газовой и дифференциальной защит трансформатора говорит о серьезных повреждениях внутри трансформатора.

Газовая защита. В случаях ложного срабатывания газовой защиты допускается одно повторение включения трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения. Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Характерные повреждения силовых трансформаторов

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
Обмотки	Междувитковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой); междуфазное замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня; внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие динамических нагрузок при сквозных коротких замыканиях
	Обрыв цепи	Отгорание отводов обмоток в результате низкого качества соединения или электродинамических нагрузок при коротких замыканиях
Переключатели напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключающего устройства
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие сверхтоков на контакт при коротких замыканиях
	Перекрытие на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изолятора
	Перекрытие между вводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к вводам или переключателю
Магнитопровод	Увеличение тока холостого хода "Пожар стали"	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции стяжных болтов; слабая прессовка пластин; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны вводов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

- сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящих по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;
- ненормальная вибрация при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;
- в результате несвоевременной доливки масла и снижения его уровня;
- неправильная установка трансформатора, при которой возможен значительный выброс воздуха через газовое реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.

При очистке и регенерации масла и всех работах в масляной системе, проверке газовой защиты или ее неисправности отключающий элемент газовой защиты должен быть переведен на сигнал.

Ввод газовой защиты на отключение после вывода ее из работы производится через сутки, если не было скопления воздуха в газовом реле, в противном случае включение производят через сутки после прекращения выделения воздуха. Если уровень масла в масломерном стекле повысился очень высоко и быстро, нельзя до выяснения причины открывать пробки, прочищать дыхательную трубку без размыкания цепи отключения реле.

Если газовая защита сработала с действием на сигнал в результате накопившегося в реле воздуха, необходимо выпустить воздух из реле и перевести цепь отключения защиты на сигнал. При отключении трансформатора от газовой защиты и обнаружении при проверке в реле горючего газа — повторное включение трансформатора запрещается.

О характере повреждения внутри трансформатора можно предварительно судить по цвету выделяющегося в реле газа. Желтый цвет газов свидетельствует о повреждении дерева, беловато-серый — бумаги, а черный — масла.

Для проверки горючести газов зажигают спичку и подносят ее к чуть приоткрытому верхнему крану реле. Горючесть газов свидетельствует о внутреннем повреждении трансформатора.

Ремонт обмоток силовых трансформаторов

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Устранение: поверхностных повреждений небольших участков витковой изоляции	Поврежденную витковую изоляцию восстанавливают путем наложения на оголенный провод витка слоя маслостойкой лакоткани ЛХСМ в полуперекрышу	Эти дефекты устраняют без демонтажа обмотки
ослабления прессовки обмоток	Обмотки, не имеющие прессующих колец, подпрессовывают	По всей окружности обмотки между уравнительной и ярмовой изоляциями забивают дополнительные прокладки из прессованного электрокартона
незначительной деформации отдельных секций		
повреждений изоляции отвода	Изоляцию отвода восстанавливают путем наложения на поврежденный участок двух слоев лакоткани шириной 25—30 мм	
Ремонт изоляции обмоток с использованием провода поврежденной катушки	Поврежденную изоляцию удаляют обжигом в печи при температуре 450—500 °С. Витки изолируют кабельной бумагой или тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	Изолированной катушке придают нужный размер путем подпрессовки. Изготовленную катушку высушивают, пропитывают лаком ГФ-95 и запекают при температуре 100 °С в течение 8—12 ч
Изготовление новой обмотки в зависимости от ее типа	Для этой операции применяют обмоточные станки с ручным или моторным приводом. Катушку наматывают на шаблоне	На шаблон перед намоткой провода накладывают слой электротехнического картона толщиной 0,5 мм, предохраняющего витки первого слоя от сдвига при снятии катушки
Изготовление цилиндрической обмотки НН из провода прямоугольного профиля	При намотке однослойной катушки витки закрепляют с помощью бандажа из киперной ленты. При намотке многослойных катушек бандажирование не делают	При переходе из одного слоя в другой в местах перехода прокладывают полоску прессшпана на 4—5 мм больше ширины витка для предохранения изоляции крайних витков
Изготовление многослойной обмотки НН из круглого провода	Каждый слой обматывают кабельной бумагой, которой покрывают все витки и пояски, уложенные в торцах шаблона	Поясок изготавливают в виде полоски из электротехнического картона толщиной, равной диаметру провода. Сам поясок схватывают бумагой шириной 25 мм и укладывают в торце шаблона
Соединение обмоток	Провода сечением до 40 мм^2 соединяют пайкой паяльником, большего сечения — специальными клещами	При пайке проводов применяют флюс-канифоль (кислотой пользоваться запрещается) или порошкообразную буру

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Пропитка и сушка обмоток	Припой — фосфористая бронза диаметром 3—4 мм или серебряные припои ПСр-45, ПСр-70 Обмотки опускают в глифталевый лак и выдерживают до полного выхода пузырьков воздуха, затем поднимают, дают стечь излишкам лака (15—20 мин) и помещают в печь для запекания	Сушка считается законченной, когда лак образует твердую блестящую и эластичную пленку

Ремонт магнитопровода силового трансформатора

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Разборка магнитопровода	Отвертывают верхние гайки вертикальных шпилек и гайки горизонтальных прессующих шпилек. Снимают ярмовые балки. Расшихтовывают верхнее ярмо со стороны ВН и НН одновременно. Эскизируют взаимное положение пластин двух последних слоев активной стали магнитопровода. Связывают верхние концы пластин, продевая кусок проволоки в отверстие для стержня. Демонтируют обмотки	Извлекают шпильки из ярма. Маркируют балку надписью "сторона ВН" или "сторона НН". Расшихтовывают, вынимая по 2—3 пластины, не перемешивая, связывают в пакет. Укладка пластин после ремонта должна соответствовать заводской
Замена изоляции стяжных шпилек	Бумажно-бакелитовую трубку изготавливают из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм и при намотке на шпильку пропитывают бакелитовым лаком, затем запекают	Толщина стенок изоляционных трубок, мм, для диаметров шпилек, мм: 12—25÷2—3 25—50÷3—4 более 50÷5—6
	Изолирующие шайбы и прокладки изготавливают из электрокартона ЭМ толщиной не менее 2 мм. Проверяют изоляцию стяжных шпилек, накладок и ярмовых балок мегаомметром 1000—2500 В	Диаметр изолирующий шайбы должен быть на 3—5 мм больше диаметра нажимной. Сопротивление изоляции стяжных шпилек должно быть не ниже 10 МОм
Удаление старой изоляции листов стали	Удаляют старую изоляцию стальными щетками или кипячением листов в воде, если они покрыты бумажной изоляцией	Можно применять обжиг листов с равномерным нагревом при температуре 250—300 °С в течение 3 мин

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Изолирование листов	Допускают изолирование пластин через одну. Новый слой лака наносят пульверизатором. Сушат 6—8 ч при температуре 20—30 °С	Используют семь из 90 % лака 202 и 10 % чистого керосина или глифталевого лака 1154 и растворителей (бензина и бензола). Можно применять зеленую эмаль МТЗ
При ремонтах после "пожара стали" изготавливают новые листы стали	Листы раскраивают так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстия для стяжных шпилек делают только штампом	Сверление не допускается

Ремонт расширителя

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Очистка от грязи и ржавчины наружной поверхности	Очищают расширитель металлической щеткой и протирают насухо чистой ветошью	Окончательную очистку производят тряпкой, смоченной в бензине
Очистка внутренней поверхности	Вырезают заднюю стенку расширителя, очищают поверхности от грязи и ржавчины. Окрашивают маслостойкой эмалью или нитроэмалью	Стенку вырезают, оставляя выступ-кольцо, к которому после очистки приваривают новое дно
	Вырезают из листовой стали новую стенку и приваривают к корпусу расширителя	Приваривают стенку, не допуская пережога металла, ровным, плотным швом без трещин
Ремонт скобы маслоукказателя или патрубка	Очищают поверхность, подлежащую приварке, скобу, штуцер маслоуказателя; патрубок приваривают к корпусу расширителя	Сварку производят ацетилено-кислородным пламенем. Патрубок, соединяющий расширитель с кожухом трансформатора, выступает над низшей линией поверхности расширителя на 25—30 мм
Ремонт масломерного стекла	Вывертывают внутреннюю пробку маслоуказателя, вынимают масломерное стекло, чистят его или заменяют новым	Протирают тряпкой, смоченной сухим трансформаторным маслом
Восстановление контрольных отметок маслоуказателя	Наносят новые отметки на расширителе у маслоуказательного стекла	Отметки уровня масла при температуре +35, +5, −35 °С наносят цинковыми белилами на высоте 0,55; 0,45 и 0,1 диаметра расширителя

2.9. Расчетные формулы для определения основных параметров асинхронных двигателей

Таблица 2.32. **Расчетные формулы для определения основных параметров асинхронных двигателей**

Наименование величин	Формула	Принятые обозначения
Потребляемая активная мощность из сети, кВт	$P_1 = \sqrt{3}\, U_1 I_1\, 10^{-3} \cos\varphi$	U_1, I_1 — линейные значения напряжения, В, и тока двигателя, А;
Потребляемая реактивная мощность, квар	$Q_1 = \sqrt{3}\, U_1 I_1\, 10^{-3} \sin\varphi$	P_2 — полезная мощность на валу, кВт;
Полезная мощность на валу	$P_2 = P_1 \cdot \eta$	M, η — вращающий момент, кГм, КПД двигателя;
Потребляемый двигателем ток, А	$I_1 = \dfrac{P_2 \cdot 10^3}{\sqrt{3}\, U_1 \eta \cos\varphi}$	$n_{ном}$ — номинальная скорость вращения ротора, об/мин;
Вращающий момент двигателя, кГм	$M = 975 \dfrac{P_2}{n_{ном}}$	n_1 — скорость вращения магнитного поля статора, об/мин;
Синхронная скорость вращения поля, об/мин	$n_1 = \dfrac{60 f_1}{p}$	f_1 — частота питающего тока, Гц; p — число пар полюсов машины;
Скольжение двигателя	$s = \dfrac{n_1 - n}{n_1}$	n — скорость вращения ротора при нагрузке, об/мин;
Скорость вращения ротора, об/мин	$n = n_1(1 - s)$	$k_{об.1}$, $k_{об.2}$ — обмоточные коэффициенты статора и ротора, равные произведению коэффициентов укорочения $k_у$ шага и распределения обмотки k_w;
ЭДС обмоток статора и ротора, В	$E_1 = 4{,}44\, k_{об.1}\, w_1 f_1 \Phi$ $E_2 = 4{,}44\, k_{об.2}\, w_2 f_2 \Phi$	$k_{об} = k_у \cdot k_w$

Наименование величин	Формула	Принятые обозначения
Коэффициенты трансформации по напряжению и по току	$k_e = \dfrac{w_1 k_{об.1}}{w_2 k_{об.2}}$ $k_i = \dfrac{m_1 w_1 k_{об.1}}{m_2 w_2 k_{об.2}}$	w_1, w_2 — числа витков обмоток статора и ротора; m_1, m_2 — числа фаз в обмотках статора и ротора. У двигателей с фазным ротором $m_2 = 3$, у двигателей с короткозамкнутым ротором $m_2 = z_2$, т. е. числу пазов в роторе;
Параметры схемы замещения, Ом	$z_к = \dfrac{U_{1ф}}{I_к} = \dfrac{U_{1ф}}{I_п}$ $r_к = \dfrac{\Delta P_к}{3 I^2_{ном}}$ $x_к = \sqrt{z^2_к - r^2_к}$ $r_к = r_1 + r'_2$ $x_к = x_1 + x'_2$ $r'_2 = r_2 k_e k_i$ $x'_2 = x_2 k_e k_i$	$z_к$, $r_к$, $x_к$ — полное, активное и индуктивное сопротивления КЗ двигателя, Ом; $I_п$ — пусковой ток двигателя, А; $\Delta P_к$ — суммарные потери в меди статора и ротора двигателя, Вт; r_1, x_1 — активное и индуктивное сопротивления обмотки статора, Ом; r'_2, x'_2 — активные и индуктивные сопротивления ротора, приведенные к обмотке статора, Ом;
Ток холостого хода, А	$I_х \approx I_{ном}\left(\sin\varphi - \dfrac{1}{2k_м}\cos\varphi\right)$	$I_{ном}$, $\cos\varphi$ — номинальный ток и коэффициент мощности, определяемые по паспорту;
Критическое скольжение	$s_к = s_{ном}(k_м + \sqrt{k^2_м + 1})$ $k_м = \dfrac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\sin\varphi$ — коэффициент реактивной мощности; $k_м$ — коэффициент перегрузочной способности;
Уравнение вращающего момента	$M = \dfrac{2M_{макс}}{\dfrac{s}{s_{кр}} + \dfrac{s_{кр}}{s}}$	$s_{ном}$ — скольжение при номинальной нагрузке;

Наименование величин	Формула	Принятые обозначения
Скольжение двигателя s_2 при введении добавочного сопротивления в ротор	$s_2 = s_{ном}\dfrac{r_1^1 + r_{доб}^1}{r_2^1}$	
КПД двигателя при введении добавочного сопротивления в ротор	$\eta_2 = \eta_1 - s_2 + s_{ном}$	
Критический максимальный момент, развиваемый в двигательном (+) и генераторном (−) режимах, кГм	$M_{макс} = \dfrac{1{,}46}{n_1} \cdot \dfrac{U_{1ф}}{r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + x_к^2}}$	$U_{1ф}$ — фазное напряжение, В;
Уравнение вращающего момента при добавочном сопротивлении в цепи ротора	$M = M_{макс}\dfrac{2}{\dfrac{s_{кр.\,доб}}{s} + \dfrac{s}{s_{кр.\,доб}}}$	$s_{кр.доб}$ — критическое скольжение двигателя при включенном добавочном сопротивлении в цепи ротора: $s_{кр.\,доб} = s_{кр}\dfrac{r_2 + r_{доб}}{r_2}$

2.10. Формулы для определения основных параметров машин постоянного тока

Таблица 2.33. **Формулы для определения основных параметров машин постоянного тока**

Величины	Формулы	Обозначения
Мощность, кВт	$P = UI10^{-3}$	I — ток машины, А; U — внешнее напряжение, В;
Токи генератора и двигателя, А	$I_г = I_а - i_в$ $I_{дв} = I_а + i_в$	$I_а$ — ток якоря; $i_в$ — ток параллельной обмотки возбуждения, А;
Внешнее напряжение, В	$U_г = E - I_а\Sigma R_а$ $U_{дв} = E + I_а\Sigma R_а$	$\Sigma R_а$ — сумма сопротивлений якорной цепи, Ом; E — ЭДС машины, В;

Величины	Формулы	Обозначения
ЭДС, В	$E = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{60} n\Phi$ $E = C_e n\Phi$ $C_e = \frac{Np}{a60}$	N — число проводников обмотки якоря; a — число пар параллельных ветвей в обмотке якоря; p — число пар полюсов; n — скорость вращения, об/мин;
Сопротивление якорной цепи, Ом	$\Sigma R_а = R_я + R_с + R_{доб}$	Ф — магнитный поток пары полюсов, вебер; $R_я$, $R_с$, $R_{доб}$ — сопротивления обмотки якоря, последовательной обмотки возбуждения и добавочных полюсов, Ом
Ориентировочное значение сопротивления цепи якоря, Ом	$\Sigma R_а = \beta(1 - \eta_{ном})\frac{U_{ном}}{I_{ном}}$	Значение коэффициента β двигателей различного типа возбуждения: для независимого и параллельного возбуждения $\beta = 0{,}5$; для смешанного $\beta = 0{,}6$; для последовательного $\beta = 0{,}75$;
КПД двигателя и генератора	$\eta_{дв} = \frac{P_2}{UI}$ $\eta_{дв} = 1 - \frac{\Sigma\Delta P}{UI}$ $\eta_г = 1 - \frac{\Sigma\Delta P}{UI + \Sigma\Delta P}$	$\Sigma\Delta P$ — суммарные потери в машине, кВт; $\Delta P_х$ — потери холостого хода машины или постоянные потери, кВт; $\Delta P_в$ — потери на возбуждение, кВт; $\Delta P_{мех}$ — механические потери на трение в подшипниках и о коллектор, кВт;
Суммарные потери, кВт	$\Sigma\Delta P = \Delta P_х + k_з\Delta P_щ + k_з^2 \Delta P_к$ $\Delta P_х = \Delta P_в + \Delta P_{мех} + \Delta P_{ст} +$ $+ \Delta P_{вент} + \Delta P_{доб}$ $k_з = \frac{P_2}{P_{2ном}}$ $\Delta P_щ = I_{ном}\Delta U_щ$	$\Delta P_{ст}$ — магнитные потери в стали якоря, кВт; $\Delta P_{вент}$ — вентиляционные потери, кВт; $\Delta P_{доб}$ — добавочные потери. В некомпенсированных машинах $\Delta P_{доб} = 1\ \%\ P_{ном}$, в компенсированных 0,5 %, кВт;

Величины	Формулы	Обозначения
Переменные потери	$\Delta P_к = I_{ан}^2 \Sigma(R_а + R_с)$	$k_з$ — коэффициент загрузки; $\Delta U_ш$ = 2 В для графитных щеток; $\Delta U_ш$ = 0,6 В для металлографитных;
Номинальный вращающий момент, кГм	$M_{ном} = 975 \frac{P_{2ном}}{n_{ном}}$ $M_{ном} = C_м \Phi I_а$	$C_м$ — конструктивная постоянная момента;
Расчетные коэффициенты для двигателя параллельного возбуждения	$C_м = \frac{C_е}{1{,}05}$ $C_e = 1{,}05 C_м$	Ф — магнитный поток, вебер;
Скоростная характеристика двигателя	$n = \frac{U}{C_е \Phi} - \frac{\Sigma R_а}{C_е \Phi} I_а$	
Искусственные скоростные характеристики	а) $n = \frac{U}{C_е \Phi} - \frac{\Sigma R_а + R_{доб}}{C_е \Phi} I_а$ б) $n = \frac{U}{C_е \Phi} - \frac{\Sigma R_а + \alpha R_{доб}}{C_е \Phi} I_a$ $\alpha = \frac{R_ш}{R_ш + R_ш}$	а) искусственная скоростная характеристика при введении добавочного сопротивления $R_{доб}$ последовательно в цепь якоря; б) искусственная скоростная характеристика двигателя при шунтировании якоря двигателя сопротивлением $R_ш$; α — коэффициент шунтирования

2.11. Экономическая плотность тока

Таблица 2.34. **Экономическая плотность тока для проводов, шин и кабелей**

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм^2, при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Примечание. Экономически целесообразное сечение s, мм^2, определяется из соотношения $s = I/j_{эк}$, где I — расчетный ток в часы максимума нагрузки энергосистемы, А; $j_{эк}$ — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм^2, для заданных условий работы. I принимают для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывают.

Таблица 2.35. **Экономическая плотность тока для кабелей с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией, А/мм^2**

Район страны	Продолжительность использования максимальной нагрузки, ч		
	1000—3000	3000—5000	Более 5000
Европейская часть	1,6	1,4	1,2
Дальний Восток, Сибирь	1,8	1,6	1,5

2.12. Категории электроприемников по надежности электроснабжения (ПУЭ)

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяют на следующие три категории:

Электроприемники I категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников I категории выделяют особую группу электроприемников, бесперебойная работы которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники II категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории — все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного

напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников I категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание электроприемников II категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 суток. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по наибольшему длительному току ВЛ. Допускается питание электроприемников II категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 суток допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора.

Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

2.13. Условия выбора и проверки электрических аппаратов и проводников

Таблица 2.36. **Условия выбора и проверки электрических аппаратов и проводников**

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверки
Выключатель	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч} = I_{раб.наиб}.$ $I_{нг.доп} \geqslant I_{нг.расч}$ (при допустимости перегрузки выключателя) $I_{вкл.норм} \geqslant I_{п0}$ $i_{вкл.норм} \geqslant i_{уд}$ $I_{пр.скв} \geqslant I_{п0}$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ при $t_к = t_{откл} \geqslant t_{тер.норм}$ $B_{тер} = I^2_{тер.\ норм} t_к \geqslant B_к$ при $t_к < t_{тер.норм}$ $I_{откл.ном} \geqslant I_{п\tau}$ $i_{а.норм} = \sqrt{2}\, \beta_{норм} I_{откл.\ ном} \geqslant i_{а\tau}$ Для установки, у которой $\sqrt{2}\, \beta_{норм} I_{откл.ном} < i_{а\tau}$ допускается выполнение условия: $\sqrt{2}\,(1 + \beta_{норм}) I_{откл.ном} > i_{к\tau} = \sqrt{2}\, I_{п\tau} + i_{а\tau}$ Далее проверяется $u_{в.норм} \geqslant u_в$
Разъединитель	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч} = I_{раб}$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{пр.\ тер} t_{пр.тер} = I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ при $t_к \geqslant t_{тер.норм}$ $B_{тер} = I^2_{тер.\ норм} t_к > B_к$ при $t_к < t_{тер.норм}$ $I_{откл.доп} \geqslant I_{раб\tau}$ (допускается в строго оговоренных частных случаях)
Отделитель	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверки
Отделитель	$i_{пр.скв} = i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ при $t_к \geqslant t_{тер.норм}$ $B_{тер} = I^2_{тер.\ норм} t_к > B_к$ при $t_к < t_{тер.норм}$ $I_{откл.доп} \geqslant I_{рабт}$ (допускается в строго оговоренных частных случаях)
Короткозамыкатель	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ при $t_к \geqslant t_{тер.норм}$ $B_{тер} = I^2_{тер.\ норм} t_к > B_к$ при $t_к < t_{тер.норм}$
Предохранитель	$U_{ном} = U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $I_{откл.ном} \geqslant I_{пр.ож}$ Соответствие времятоковой характеристики предохранителя расчетным условиям защищаемой цепи
Выключатель нагрузки	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $I_{вкл.доп} \geqslant I_{п0}$ $i_{вкл.доп} \geqslant i_{уд}$ $I_{пр.скв} \geqslant I_{п0}$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ при $t_к \geqslant t_{тер.норм}$ $B_{тер} = I^2_{тер.\ норм} t_к > B_к$ при $t_к < t_{тер.норм}$ $I_{откл.\ ном} = I_{ном} \geqslant I_{рабт}$ В отдельных случаях $I_{откл.ном} > I_{ном}$ (соотношение указывается изготовителем в эксплуатационных документах). Соответствие времятоковой характеристики предохранителя расчетным условиям защищаемой цепи (при установке выключателя нагрузки последовательно с предохранителем)
Разрядник	$U_{ном} = U_{сети\ ном}$ $u_{проб} \leqslant u_{доп.расч}$ $u_{ост.наиб} \leqslant u_{доп.расч}$ $i_{сопр.доп} = i_{откл} \geqslant i_{сопр.расч}$

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверки
Трансформатор тока	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $i_{дин} = k_{дин}\sqrt{2}\, I_{1ном} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм}\, t_{тер.норм} = (k_{тер} I_{1ном})^2\, t_{тер.норм} \geqslant B_к$ $Z_{2ном} > Z_{2\ tрасч} = r_{2расч}$ (в необходимом классе точности)
Трансформатор напряжения	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $S_{ном} \geqslant S_{2расч}$ (в необходимом классе точности) $S_{пред} = S_{max} \geqslant S_{2наиб}$ (в режиме наибольшей отдаваемой мощности)
Опороный изолятор	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $F_{доп} = 0{,}6F_{раз} \geqslant F_{расч}$ (для одиночных изоляторов) $F_{доп} = F_{разр} \geqslant F_{расч}$ (для спаренных изоляторов)
Проходной изолятор	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $F_{доп} = 0{,}6F_{разр} \geqslant F_{расч}$
Реактор	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм}\, t_{тер.норм} \geqslant B_к$ $x_р \geqslant x_{р.расч}$ (определяется по условиям необходимого ограничения токов КЗ и предельно допустимой потери напряжения на реакторе в нормальном режиме работы)
Автомат	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $i_{вкл.наиб} \geqslant i_{уд}$ $i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм}\, t_{тер.норм} \geqslant B_к$ $I_{откл.ном} \geqslant I_{п\tau ож}$
Контактор	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $P_{подкл.доп} \geqslant P_{подкл.расч}$
Магнитный пускатель	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $P_{подкл.доп} \geqslant P_{подкл.расч}$

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверки
Рубильник	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$ $I_{откл.\ доп} \geqslant I_{рабτ}$ (в случае, если рубильник имеет дугогасительные камеры или разрывные контакты)
Шина, провод неизолированный	$s = s_{эк} = I_{норм.расч}/J_{эк}$ (за исключением сборных шин электроустановок, сетей напряжением до 1 кВт с $T_{наиб} < 5000$ ч, сетей временных сооружений и ответвлений к электроприемникам напряжением до 1 кВ, к резисторам, реакторам и т. п.) Сечение проводников воздушных линий 330—1150 кВ выбирается по экономическим интервалам $I_{дл.доп} = I_{прод.доп} \geqslant I_{прод.расч}$ $\sigma_{доп} \geqslant \sigma_{расч}$ $\vartheta_{кр.доп} \geqslant \vartheta_{кн}$ или $s \geqslant s_т = \sqrt{B_к}/C_т$
Кабель, провод изолированный	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $s = s_{эк} = I_{норм.расч}/J_{эк}$ $I_{дл.доп} = I_{прод.доп} \geqslant I_{прод.расч}$ $I_{нг.доп} \geqslant I_{нг.грасч}$ $\vartheta_{кр.доп} \geqslant \vartheta_{кп}$ или $s \geqslant s_т = \sqrt{B_к}/C_т$
Закрытый шинный токопровод	$U_{ном} \geqslant U_{сети\ ном}$ $I_{ном} \geqslant I_{прод.расч}$ $i_{дин} \geqslant i_{уд}$ $I^2_{тер.\ норм} t_{тер.норм} \geqslant B_к$

Примечания: 1. В правых частях неравенств величины $I_{п0}$, $i_{уд}$, $B_к$, $I_{пτ}$, $i_{аτ}$, $u_в$, $I_{п0ож}$, $I_{пτож}$, $\vartheta_{кп}$ должны быть представлены расчетными значениями, т. е. наибольшими в условиях конкретной установки или цепи.

2. В таблице приняты следующие обозначения: $I_{п0ож}$ — действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ в начальный момент; $I_{пτ\ ож}$ — действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ в момент начала расхождения дугогасительных контактов аппарата; $I_{рабτ}$ — рабочий ток цепи в момент начала расхождения дугогасительных контактов аппарата; $u_{проб}$ — импульсное пробивное напряжение разрядника; $u_{ост.наиб}$ — наибольшее остающееся напряжение на разряднике при прохождении через него тока; $u_{доп.расч}$ — допустимое расчетное напряжение на изоляции элементов электроустановки, защищаемых данным разрядником; $i_{сопр.расч}$ — расчетное значение сопровождающего тока разрядника; $i_{сопр.доп}$ — предельно допустимое значение сопровождающего тока, который разрядник может оборвать; $P_{подкл.доп}$ — допустимая мощность электродвигателей, подключаемых к сети данным аппаратом; $P_{подкл.расч}$ — расчетная мощность электродвигателей, подключаемых к сети данным аппаратом; $T_{наиб}$ — время использования наибольшей нагрузки.

2.14. Режимы работы нейтрали

В электрических сетях России приняты следующие режимы работы нейтрали:

- изолированная нейтраль (небольшие емкостные токи замыкания на землю; напряжения 6÷35 кВ и 0,4 кВ);
- компенсированная нейтраль (определенные превышения значений емкостных токов; напряжения 6÷35 кВ);
- эффективно (глухо) заземленная нейтраль (большие токи замыкания на землю; напряжения ≥ 110 кВ; 0,4 кВ);
- высокоомное и низкоомное заземление нейтрали (напряжения 6, 10 кВ).

Таблица 2.37. **Характеристика режима изолированной нейтрали**

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ в течение ограниченного времени до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента.	1. Высокая вероятность возникновения наиболее опасных дуговых перемежающихся ОЗЗ.
2. Не требуются дополнительная аппаратура и затраты на заземление нейтрали.	2. Высокая вероятность вторичных пробоев изоляции и перехода ОЗЗ в двойные и многоместные замыкания за счет перенапряжений до $3{,}5U_{\text{ф}\max}$ при дуговых замыканиях.
3. Возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ.	3. Значительное (в несколько раз) увеличение действующего значения тока в месте повреждения при дуговых перемежающихся ОЗЗ за счет свободных составляющих переходного процесса.
4. Безопасность длительного воздействия перенапряжений, возникающих в переходных режимах ОЗЗ, для элементов с нормальной изоляцией.	4. Возможность существенных повреждений электрических машин током в месте повреждения, прежде всего, при дуговых перемежающихся ОЗЗ.
5. Простое (в большинстве случаев) решение проблемы защиты и селективной сигнализации устойчивых ОЗЗ.	5. Возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети и повреждений ТН.
	6. Высокая степень опасности для человека и животных, находящихся вблизи места ОЗЗ.
	7. Ограничения по величине $I_{c\Sigma}$ на развитие сети.
	8. Высокая степень помех по ЛЭП при дуговых ОЗЗ.

Таблица 2.38. **Характеристика режима резонансного заземления нейтрали (компенсированная нейтраль)**

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента. 2. Уменьшение тока в месте повреждения (при резонансной настройке ДГР остаточный ток содержит только некомпенсируемые активную составляющую и высшие гармоники). 3. Значительное снижение скорости восстановления напряжения на поврежденной фазе после обрыва дуги тока ОЗЗ. 4. Высокая вероятность (с учетом пп. 2 и 3) самогашения дуги и самоликвидации большей части ОЗЗ (при ограниченных значениях остаточного тока в месте повреждения). 5. Практически исключается возможность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ. 6. Уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значений $2{,}5U_{ф.ном}$ при первом пробое изоляции или дуговых прерывистых ОЗЗ). 7. Безопасность длительного воздействия перенапряжений в установившемся и переходном режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляцией. 8. Исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети. 9. Уменьшение влияния дуговых ОЗЗ на линии связи.	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали через ДГР и устройства для автоматического управления настройкой компенсации. 2. Трудности с решением проблемы защиты и селективной сигнализации ОЗЗ. 3. Возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до 2,5 $U_{фmax}$. 4. Увеличение вероятности возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ и максимальных перенапряжений на неповрежденных фазах до (2,6—3)$U_{фmax}$ при расстройках компенсации. 5. Возможность (с учетом пп. 3 и 4) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией. 6. Невозможность скомпенсировать (без использования специальных устройств) в месте повреждения активную составляющую и высшие гармоники. 7. Увеличение (с учетом п. 6) остаточного тока в месте повреждения с ростом суммарного емкостного тока сети $I_{c\Sigma}$. 8. Ограничения (с учетом п. 7) на развитие сети.

Таблица 2.39. **Характеристики режима высокоомного заземления нейтрали через резистор**

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента (при ограниченных значениях тока замыкания в месте повреждения). 2. Возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ (при ограниченных значениях тока ОЗЗ в месте повреждения). 3. Практически исключается возможность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ. 4. Уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значений 2,5 $U_{ф.ном}$ при первом пробое изоляции или дуговых прерывистых ОЗЗ). 5. Безопасность длительного воздействия перенапряжений в переходных режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляцией. 6. Практически исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети. 7. Простое решение проблемы защиты и сигнализации устойчивых ОЗЗ.	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали сети через резистор. 2. Увеличение тока в месте повреждения. 3. Возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до 2,5 $U_{ф.ном}$. 4. Возможность (с учетом п. 3) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией. 5. Ограничения на развитие сети по величине $I_{c\Sigma}$. 6. Утяжеление условий гашения дуги в месте повреждения по сравнению с сетями, работающими с изолированной нейтралью или с компенсацией емкостного тока ОЗЗ. 7. Большая мощность заземляющего резистора (десятки киловатт) и проблемы с обеспечением его термической стойкости при устойчивых ОЗЗ.

Таблица 2.40. **Характеристики режима низкоомного заземления нейтрали через резистор**

Достоинства	Недостатки
1. Практически исключается возможность дальнейшего развития повреждения, например, перехода ОЗЗ в двойное замыкание на землю или междуфазное КЗ (при быстром отключении поврежденного элемента). 2. Простое решение проблемы защиты от ОЗЗ. 3. Полностью исключается возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ (при достаточном для их подавления значении накладываемого активного тока).	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали сети через резистор. 2. Невозможность работы сети с ОЗЗ. 3. Увеличение числа отключений оборудования и линий из-за переходов кратковременных самоустраняющихся (при других режимах заземления нейтрали) пробоев изоляции в полные (завершенные) пробои. 4. Возможность увеличения в некоторых случаях объема повреждения оборудования (из-за увеличения тока ОЗЗ).

Достоинства	Недостатки
4. Уменьшается длительность воздействия на изоляцию элементов сети перенапряжений на неповрежденных фазах в переходных режимах ОЗЗ. 5. Исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети. 6. Уменьшается вероятность поражения людей или животных током ОЗЗ в месте повреждения.	5. Возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ при недостаточно больших значениях накладываемого активного тока. 6. Возможность вторичных пробоев в точках с ослабленной изоляцией за счет перенапряжений на неповрежденных фазах (при первом пробое изоляции до 2,5 $U_{ф.ном}$), до отключения защитой поврежденного элемента. 7. Увеличение числа отключений выключателей элементов сети.

При глухом заземлении нейтрали замыкание одной фазы на землю является однофазным КЗ, характеризующимся большим током. Напряжение фаз по отношению к земле при этом не выше фазного номинального; исключаются перемежающиеся дуги. Однофазные КЗ отключаются автоматически. Отключение приводит к перерывам в электроснабжении потребителей.

Другим недостатком глухого заземления нейтрали является значительное усложнение и удорожание заземляющих устройств. Последнее связано с тем, что для систем с большим током замыкания на землю ПУЭ допускают максимальное сопротивление заземляющего контура 0,5 Ом, поэтому число заземляющих электродов должно быть значительным. Вследствие значительного тока однофазного КЗ, который может быть больше тока трехфазного КЗ, глухо заземляют не все нейтрали трансформаторов.

2.15. Расчетные формулы вторичной нагрузки трансформаторов тока

Таблица 2.41. **Расчетные формулы вторичной нагрузки трансформаторов тока**

Схема соединения ТТ и вторичной нагрузки	Вид КЗ	Формула для определения вторичной расчетной нагрузки ТТ (на фазу)
A, B, C, 0; $r_{пр}$, $Z_{р.ф}$, $Z_{р0}$ Полная звезда	Трехфазное и двухфазное	$Z_{н.расч} = r_{пр} + Z_{р.ф} + r_{пер}$
	Однофазное	$Z_{н.расч} = 2r_{пр} + Z_{р.ф} + Z_{р0} + r_{пер}$

Схема соединения ТТ и вторичной нагрузки	Вид КЗ	Формула для определения вторичной расчетной нагрузки ТТ (на фазу)
Неполная звезда	Трехфазное	$Z_{н.расч} = \sqrt{3}\, r_{пр} + Z_{р.ф} + Z_{р.обр} + r_{пер}$
	Двухфазное AB или BC	$Z_{н.расч} = 2r_{пр} + Z_{р.ф} + Z_{р.обр} + r_{пер}$
	Двухфазное за трансформатором Y/Δ-11	$Z_{н.расч} = 3r_{пр} + Z_{р.ф} + 2Z_{р.обр} + r_{пер}$
На разность токов двух фаз A и C	Трехфазное	$Z_{н.расч} = \sqrt{3}\,(2r_{пр} + Z_{р}) + r_{пер}$
	Двухфазное AC	$Z_{н.расч} = 4r_{пр} + 2Z_{р} + r_{пер}$
	Двухфазное AB или BC	$Z_{н.расч} = 2r_{пр} + Z_{р} + r_{пер}$
Треугольник	Трехфазное и двухфазное; двухфазное за трансформатором Y/Δ-11	$Z_{н.расч} = 3r_{пр} + 3Z_{р} + r_{пер}$
	Однофазное	$Z_{н.расч} = 2r_{пр} + 2Z_{р} + r_{пер}$
Последовательное соединение вторичных обмоток ТТ	—	$Z'_{н.расч} = 0{,}5Z_{н.расч}$, где $Z_{н.расч}$ — нагрузка, рассчитанная по формулам пп. 1—4. 1, 2 — ТТ одного и того же класса точности.
Параллельное соединение вторичных обмоток ТТ	—	$Z_{н.расч} = 0{,}5Z_{н.расч}$, где $Z_{н.расч}$ — нагрузка, рассчитанная по формулам пп. 1—4. 1, 2 — ТТ одного и того же класса точности.

Примечания: 1) Во всех случаях на контактах принимают переходное сопротивление $r_{пер} = 0{,}1$ Ом.

2) Здесь: $r_{пр}$ — сопротивление соединительных проводов; $Z_{р}$ — сопротивление реле.

2.16. Кривые предельных кратностей некоторых типов трансформаторов тока

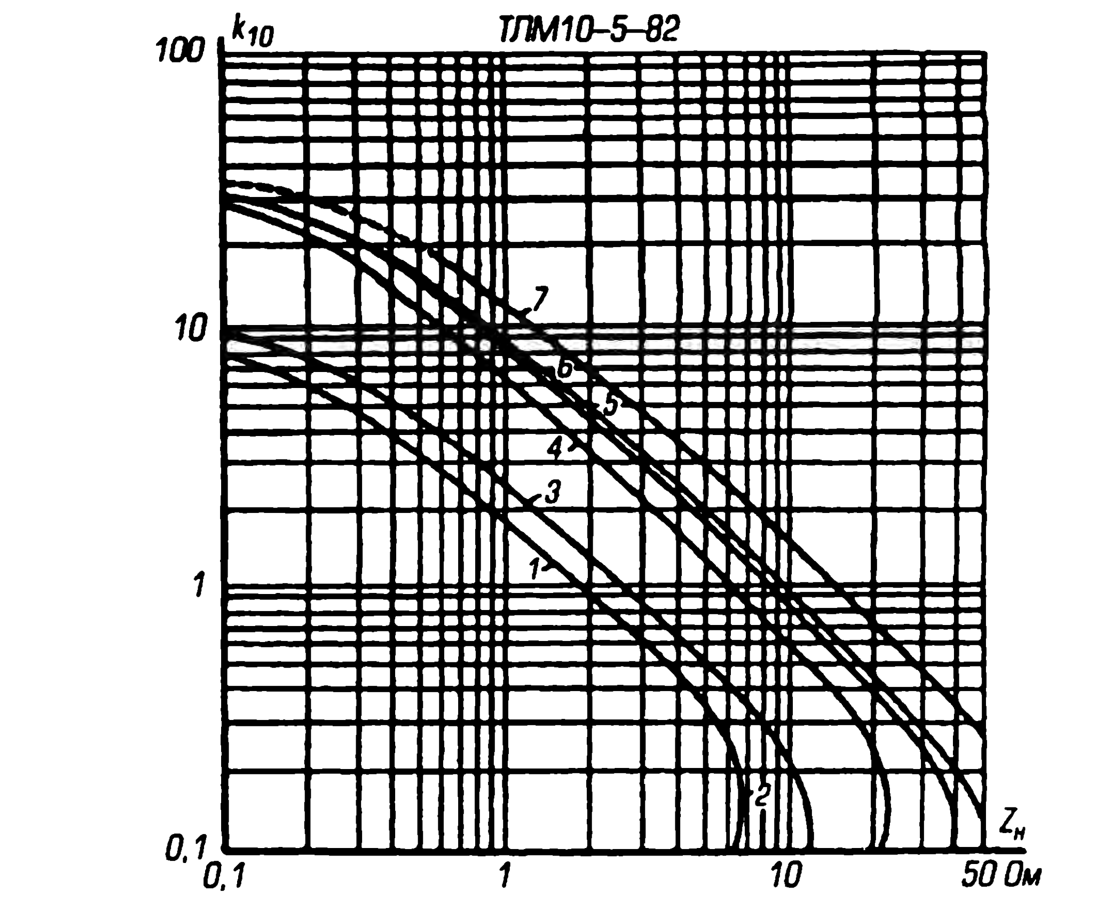
На рис. 2.8—2.34 приведены кривые предельных кратностей некоторых типов трансформаторов тока.

ТЛМ10-5-82

Обмотка защитная Р1
Класс обмотки 10

Вариант исполнения	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	2	2	2	3	4	5	6	7	8

Рис. 2.8

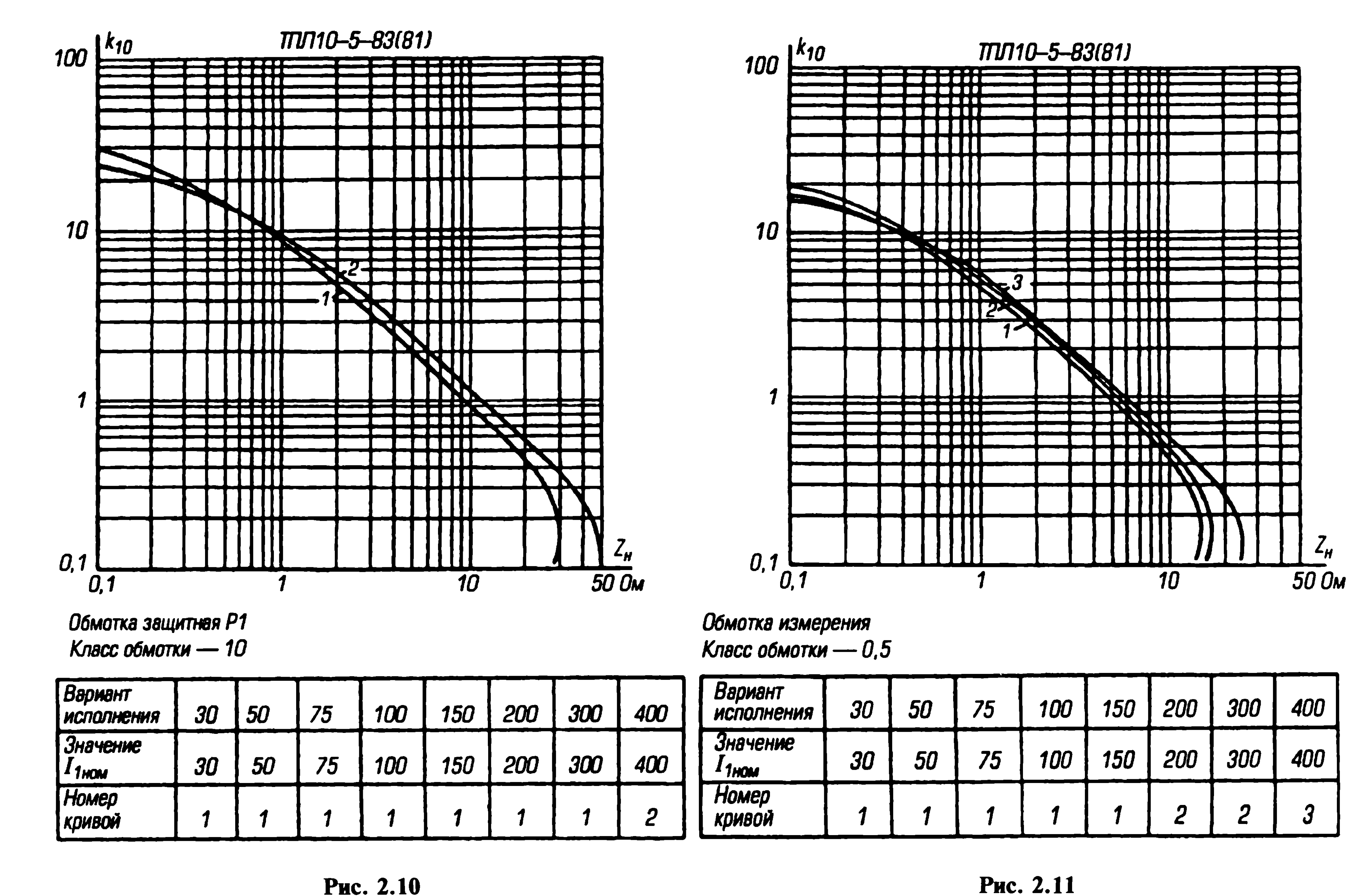


Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	2	2	2	3	3	4	5	6	7

Интервал значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показан пунктиром

Рис. 2.9



Обмотка защитная Р1
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	30	50	75	100	150	200	300	400
Значение $I_{1ном}$	30	50	75	100	150	200	300	400
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	1	2

Рис. 2.10

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	30	50	75	100	150	200	300	400
Значение $I_{1ном}$	30	50	75	100	150	200	300	400
Номер кривой	1	1	1	1	1	2	2	3

Рис. 2.11

ТОЛ10ХЛ3-5-83

k_{10}

100

10

1

0,1

0,1 1 10 50 Ом $Z_н$

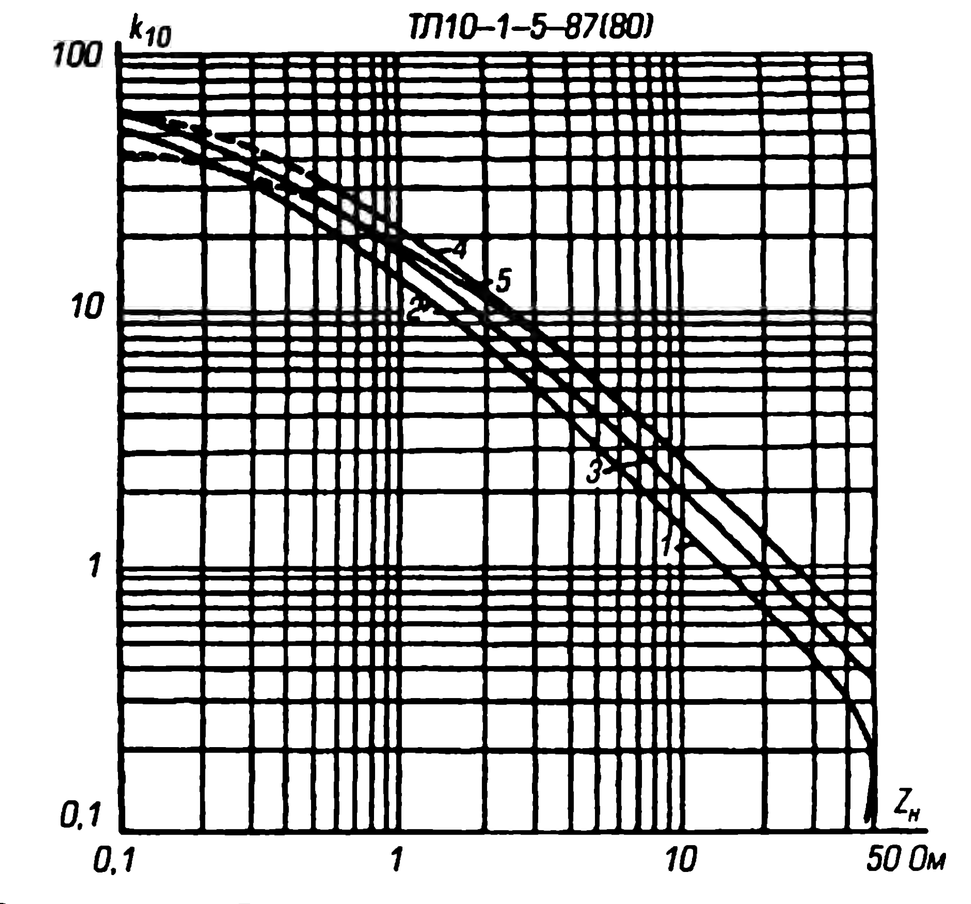
4 2 1 3

Обмотка измерения

Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	1	1	1	1	2	1	2	3	4

Рис. 2.12



Обмотка защитная Р1

Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	1	1	1	2	3	2	3	4	5

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

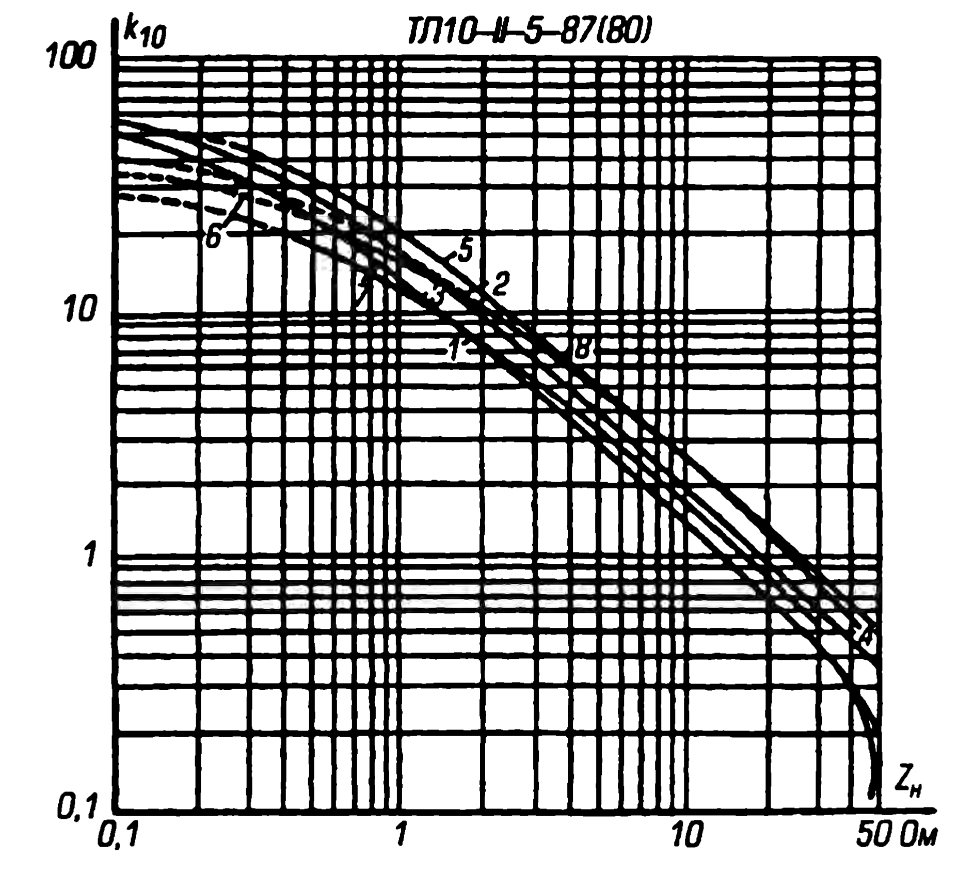
Рис. 2.13

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	50	100	150	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	1	1	1	2	3	2	3	4	5

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.14



Обмотка защитная Р1
Класс точности — 10

Вариант исполнения	300	400	600	800	1000	1500	2000	3000
Значение $I_{1ном}$	300	400	600	800	1000	1500	2000	3000
Номер кривой	1	2	3	4	5	6	7	8

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.15

ТЛ10-II-5-87(80)

k_{10}: 100, 10, 1, 0,1

$Z_н$: 0,1, 1, 10, 50 Ом

Кривые: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	300	400	600	800	1000	1500	2000	3000
Значение $I_{1ном}$	300	400	600	800	1000	1500	2000	3000
Номер кривой	1	2	3	4	5	6	7	8

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.16

ТЛК10-2(4)-5-83

k_{10}: 100, 10, 1, 0,1

$Z_н$: 0,1, 1, 10, 50 Ом

Кривые: 1, 2, 3, 4

Обмотка защитная Р1
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	50	75	100	150	200	300	400
Значение $I_{1ном}$	50	75	100	150	200	300	400
Номер кривой	1	1	1	1	2	3	4

Рис. 2.17

ТЛК10-2(4)-5-83

k_{10} — 100, 10, 1, 0,1; $Z_н$ — 0,1, 1, 10, 50 Ом

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	50	75	100	150	200	300	400
Значение $I_{1ном}$	50	75	100	150	200	300	400
Номер кривой	1	2	2	2	3	4	5

Рис. 2.18

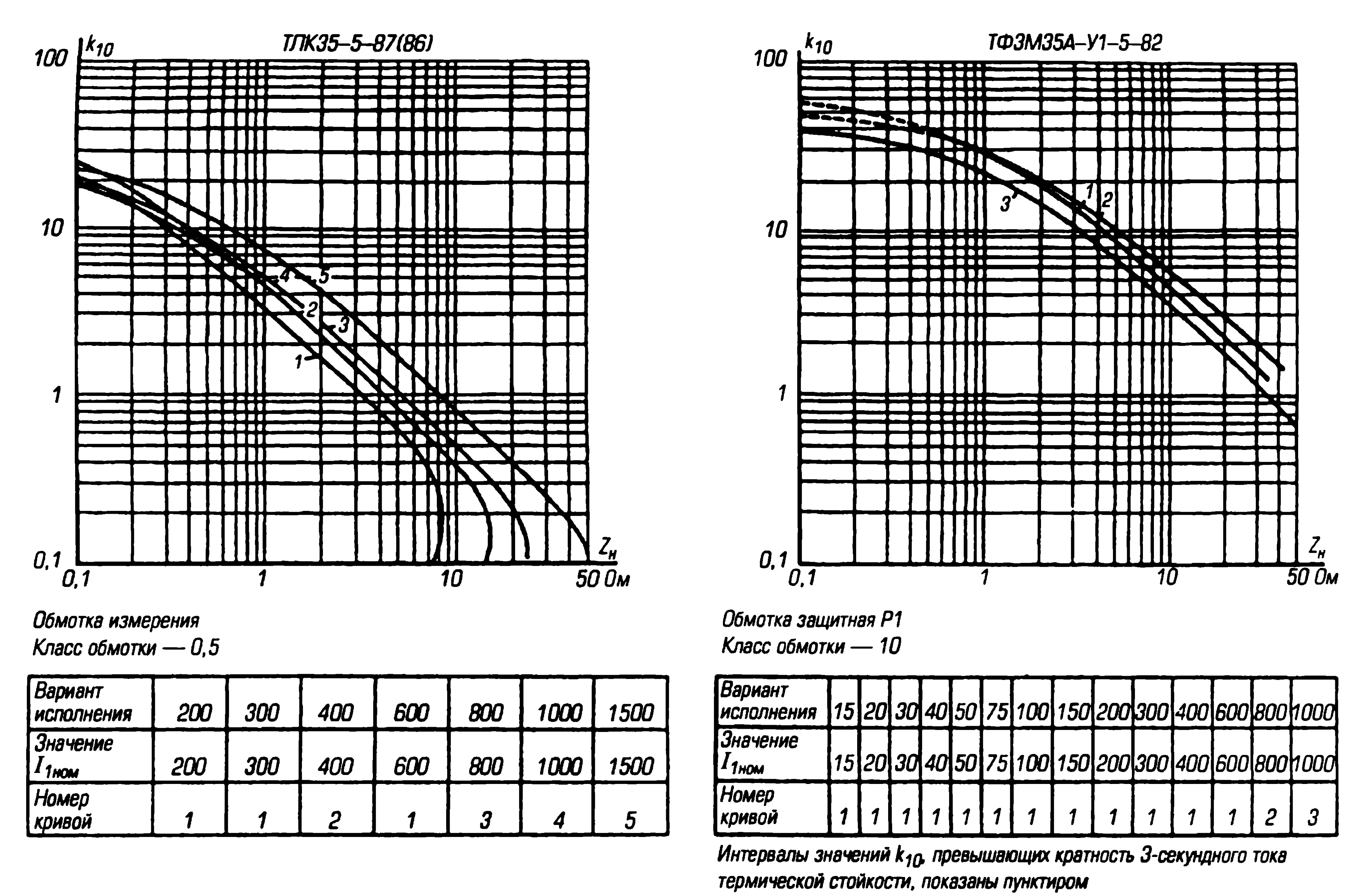
ТЛК35-5-87(86)

k_{10} — 100, 10, 1, 0,1; $Z_н$ — 0,1, 1, 10, 50 Ом

Обмотка защитная Р1
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	1	2	1	3	4	5

Рис. 2.19



Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	200	300	400	600	800	1000	1500
Значение $I_{1ном}$	200	300	400	600	800	1000	1500
Номер кривой	1	1	2	1	3	4	5

Рис. 2.20

Обмотка защитная Р1
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600	800	1000
Значение $I_{1ном}$	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600	800	1000
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.21

ТФЗМ35А-У1-5-82

k_{10}

100

10

1

0,1

0,1 1 10 50 Ом

$Z_н$

3

1

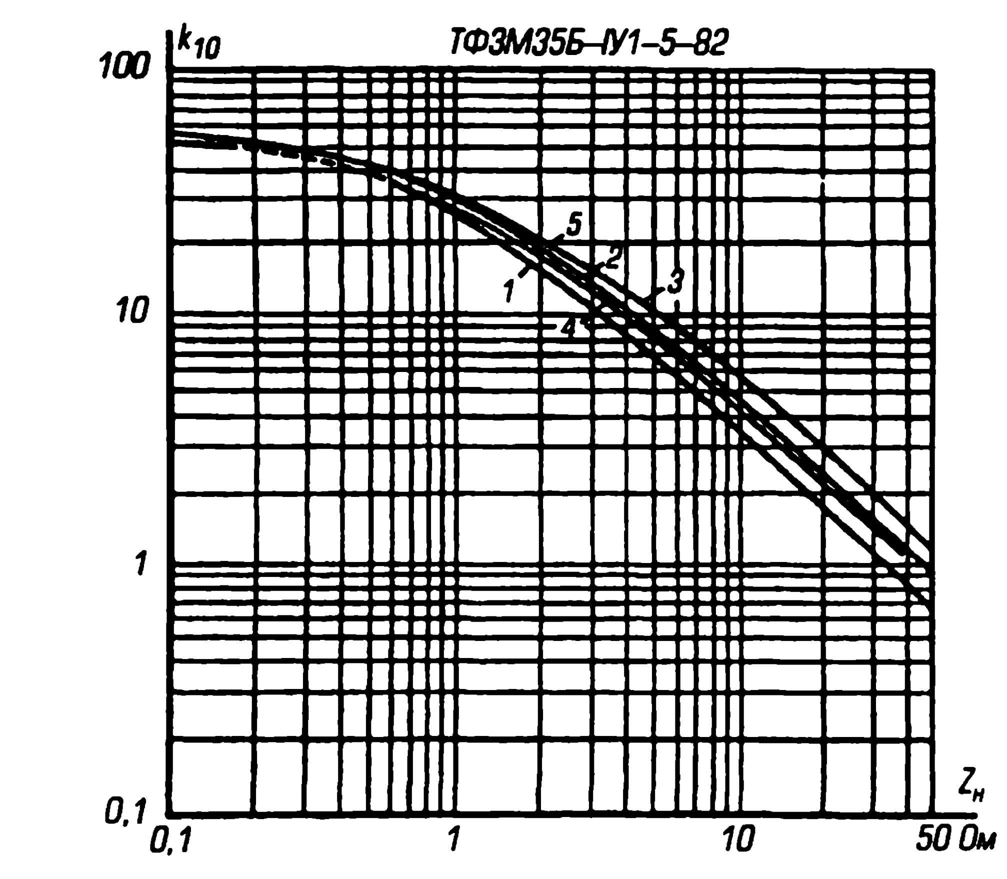
2

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600	800	1000
Значение $I_{1ном}$	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600	800	1000
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3

Интервал значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показан пунктиром

Рис. 2.22



Обмотка защитная Р2
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	15	20	30	40	50	75	100	150
Значение $I_{1ном}$	15	20	30	40	50	75	100	150
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	1	1
Вариант исполнения	200	300	400	600	800	1000	1500	2000
Значение $I_{1ном}$	200	300	400	600	800	1000	1500	2000
Номер кривой	1	1	1	1	2	3	4	5

Интервал значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показан пунктиром

Рис. 2.23

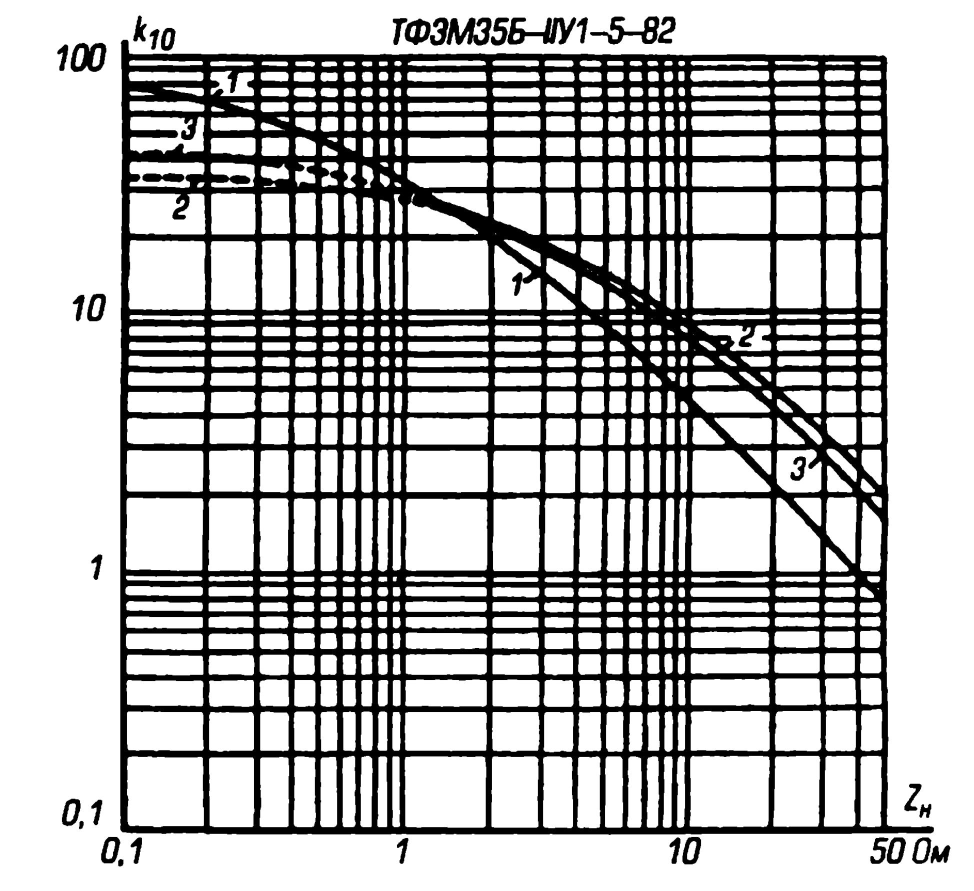
ТФЗМ35Б-IУ1-5-82

Обмотка измерения
Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	15	20	30	40	50	75	100	150
Значение $I_{1ном}$	15	20	30	40	50	75	100	150
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	1	1
Вариант исполнения	200	300	400	600	800	1000	1500	2000
Значение $I_{1ном}$	200	300	400	600	800	1000	1500	2000
Номер кривой	1	1	1	1	2	3	2	3

Интервал значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показан пунктиром

Рис. 2.24



Обмотка защитная Р1, Р2
Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	500	1000	2000	3000
Значение $I_{1ном}$	500	1000	2000	3000
Номер кривой	1	1	2	3

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.25

ТФЗМ35Б-IIУ1-5-82

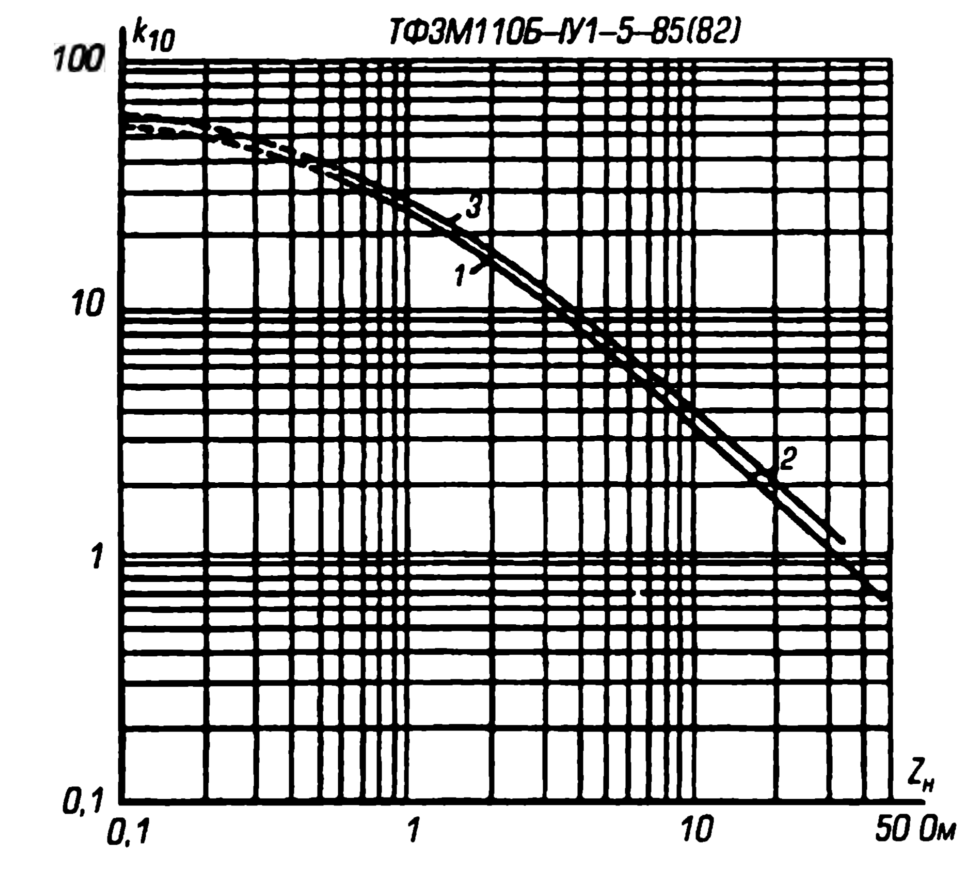
Обмотка измерения

Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	500	1000	2000	3000
Значение $I_{1ном}$	500	1000	2000	3000
Номер кривой	1	1	2	3

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.26



Обмотка защитная Р1

Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	100	100	150	150	200	200	300
Значение $I_{1ном}$	50	100	75	150	100	200	150
Номер кривой	1	2	2	2	2	2	2
Вариант исполнения	300	400	400	600	600	800	800
Значение $I_{1ном}$	300	200	400	300	600	400	800
Номер кривой	2	2	2	2	2	3	3

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.27

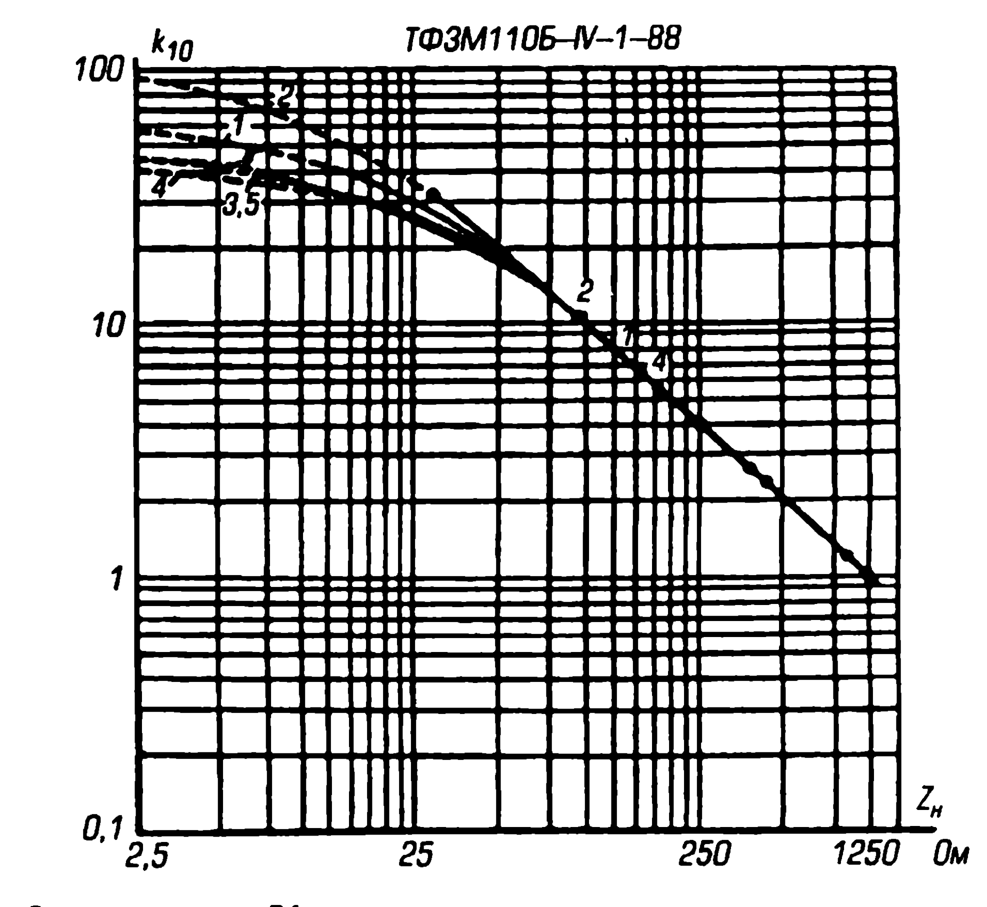
ТФЗМ110Б–IУ1–5–85(82)

Обмотка измерения

Класс обмотки — 0,5

Вариант исполнения	100	100	150	150	200	200	300
Значение $I_{1ном}$	50	100	75	150	100	200	150
Номер кривой	1	2	2	2	2	2	2
Вариант исполнения	300	400	400	600	600	800	800
Значение $I_{1ном}$	300	200	400	300	600	400	800
Номер кривой	2	2	2	2	2	3	3

Рис. 2.28



Обмотка защитная Р1

Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	100	150	200	300	400	600	750	1000	1500	2000
Значение $I_{1ном}$	100	150	200	300	400	600	750	1000	1500	2000
Номер кривой	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Участки кривых, ограниченные допустимым напряжением 1000 В, помечены точками

Рис. 2.29

ТФЗМ110Б-IV-1-88

k_{10}

$Z_н$, Ом

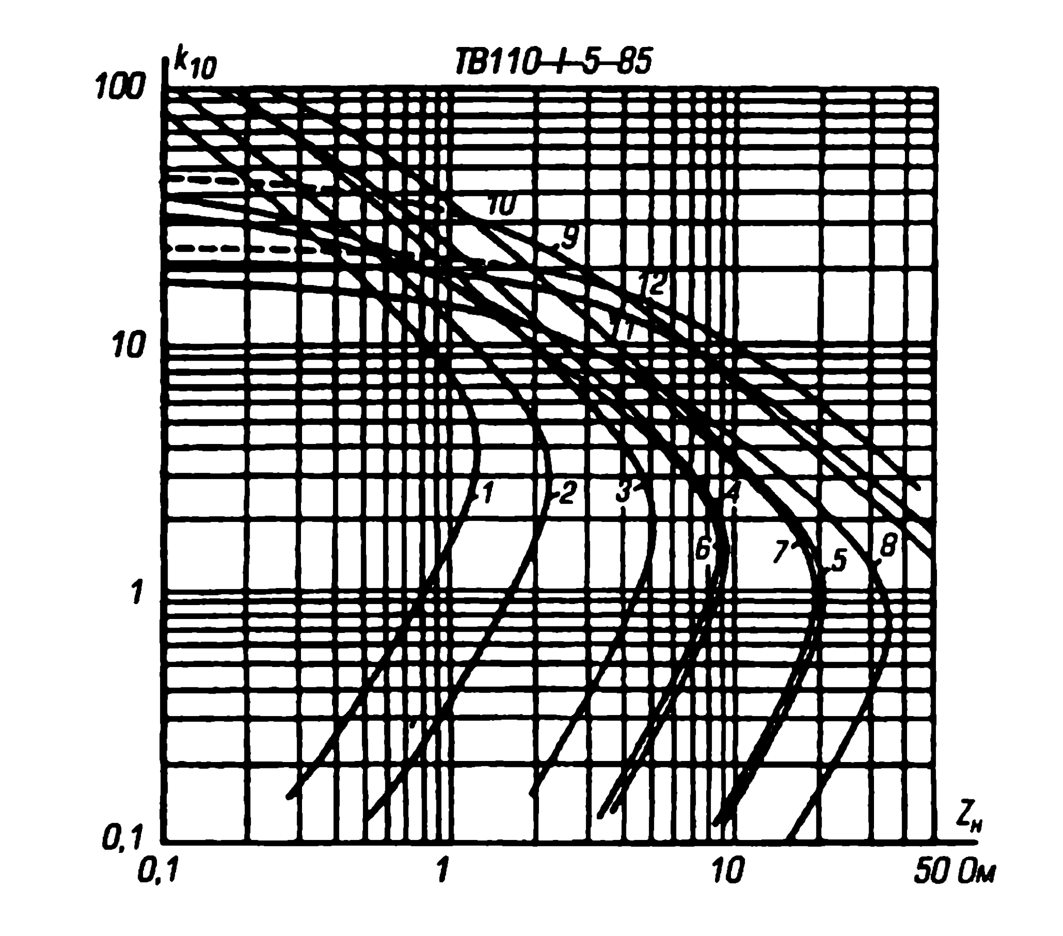
Обмотка защитная Р1

Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	100	150	200	300	400	600	750	1000	1500	2000
Значение $I_{1ном}$	100	150	200	300	400	600	750	1000	1500	2000
Номер кривой	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.30



Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	200	200	200	200	300	300	300	300
Значение $I_{1ном}$	75	100	150	200	100	150	200	300
Номер кривой	1	2	3	4	2	3	4	5
Вариант исполнения	600	800	600	600	1000	1000	1000	1000
Значение $I_{1ном}$	200	300	400	600	400	600	750	1000
Номер кривой	6	7	8	9	8	10	11	12

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром

Рис. 2.31

ТВ110–II–1–85

k_{10}

100
10
1
0,1

2,5
25
250
1250
$Z_н$
Ом

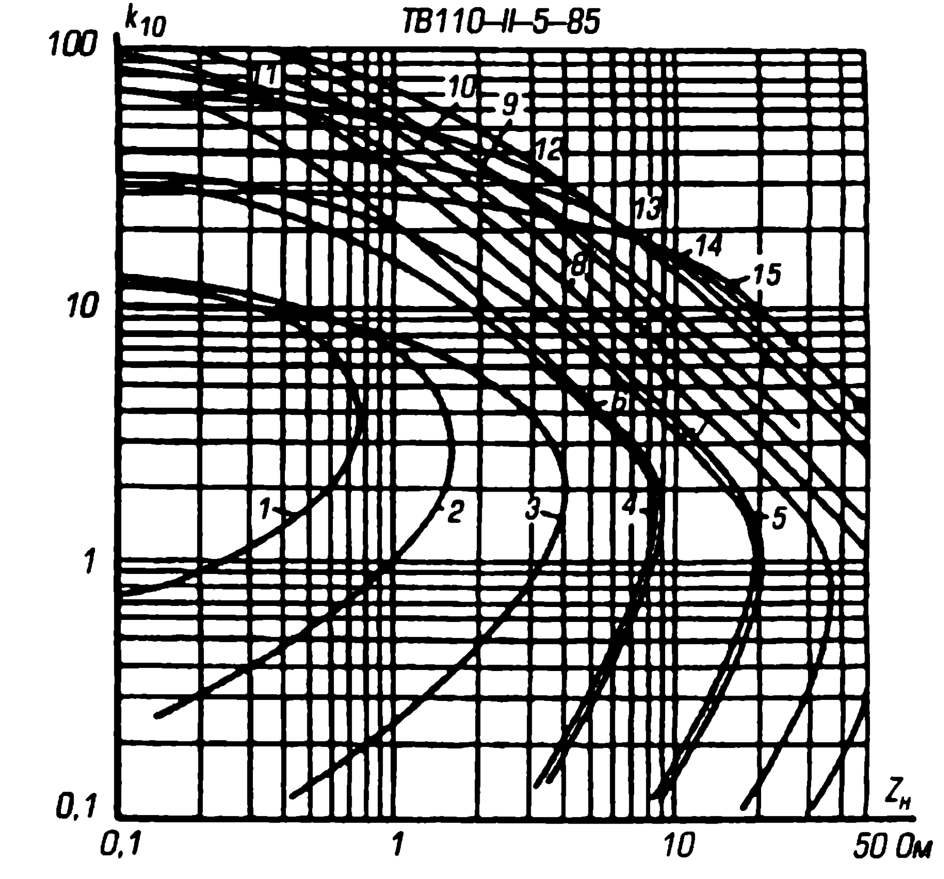
1
2
3
4
5
6
7

Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	1000	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000
Значение $I_{1ном}$	500	600	750	1000	1000	1200	1500	2000
Номер кривой	1	2	3	4	4	5	6	7

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром
Участки кривых, ограниченные допустимым напряжением 1000 В, помечены точками

Рис. 2.32

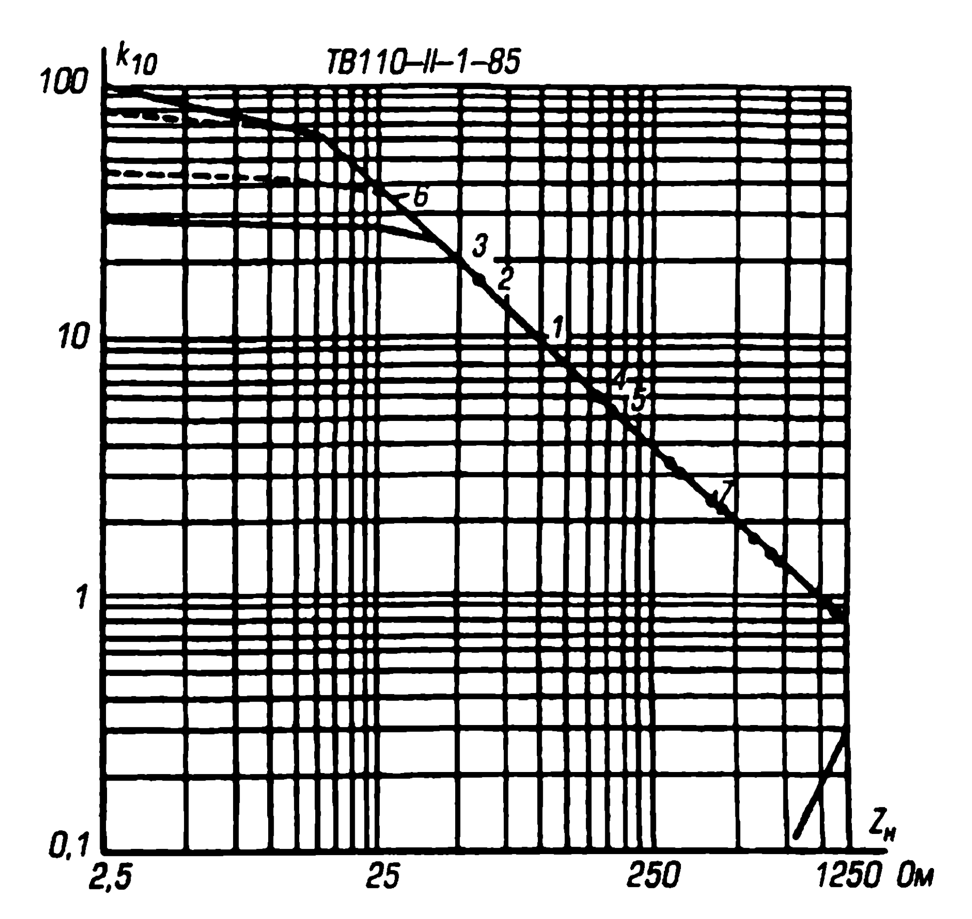


Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	200	200	200	200	300	300	300	300	800	600
Значение $I_{1ном}$	75	100	150	200	100	150	200	300	200	300
Номер кривой	1	2	3	4	2	3	4	5	6	7
Вариант исполнения	600	600	1000	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000
Значение $I_{1ном}$	400	600	500	600	750	1000	1000	1200	1500	2000
Номер кривой	8	9	10	8	11	12	12	13	14	15

Участки кривых, ограниченные допустимым напряжением 1000 В, помечены точками

Рис. 2.33



Класс обмотки — 10

Вариант исполнения	1000	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000
Значение $I_{ном}$	500	600	750	1000	1000	1200	1500	2000
Номер кривой	1	2	3	4	4	5	6	7

Интервалы значений k_{10}, превышающих кратность 3-секундного тока термической стойкости, показаны пунктиром
Участки кривых, ограниченные допустимым напряжением 1000 В, помечены точками

Рис. 2.34

2.17. Определение сечений проводов и жил кабелей (примеры расчета)

а) *Определение сечений проводов и жил кабелей по длительно допустимому току*

Расчет электрических сетей в этом случае сводится к подбору проводников таких сечений, длительные токовые нагрузки которых равны расчетным токам данного участка сети или больше их.

В разделе 3 приведены длительно допустимые токовые нагрузки неизолированных и изолированных проводов и кабелей для нормальных условий прокладки. При других условиях необ-

ходимо учитывать поправочные коэффициенты на температуру земли и воздуха (табл. 2.21). Выбранные таким образом проводники проверяют затем на потерю напряжения.

Пример 1. Рассчитать по длительно допустимому току трехфазную кабельную линию, проложенную в земле в одной траншее с двумя другими кабелями для питания цеховой электроустановки. Расчетная мощность установки $P = 120$ кВт, напряжение $U = 380$ В, $\cos\varphi = 0{,}8$.

Расстояние между кабелями (число кабелей 3) составляет 100 мм.

Решение. Определяем расчетный ток

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}\,U\cos\varphi} = \frac{120 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}8} = 225 \text{ А}.$$

Поправочный коэффициент на число работающих кабелей составляет 0,85 (раздел 3).

По расчетному току $I_p = 225$ А выбираем трехжильный кабель с медными жилами марки СБГ сечением 3 × 50 мм^2. Допускаемая нагрузка $I_{\text{доп}}$ с учетом поправочного коэффициента 0,85 составит:

$$I_{\text{доп}} = 235 \cdot 0{,}85 = 200 \text{ А}.$$

$I_{\text{р}} = 225$ А $> I_{\text{доп}} = 200$ А, что не удовлетворяет требования расчета. Поэтому следует взять кабель большего сечения.

Выбираем кабель СБГ 3 × 70 мм^2.

Допускаемая нагрузка составит:

$$I_{\text{доп}} = 285 \cdot 0{,}85 = 242 \text{ А}.$$

$I_p = 225$ А $< I_{\text{доп}} = 242$ А, что удовлетворяет требования расчета.

б) *Определение сечений проводов и жил кабелей по допустимой потере напряжения*

Выбор сечения проводов и жил кабелей сети по допустимой потере напряжения заключается в том, чтобы отклонения напряжения присоединенных к этой сети токоприемников не выходили за пределы допускаемого.

По нормам допускаются следующие пределы отклонений напряжения на зажимах токоприемников:

а) для ламп освещения жилых зданий, аварийного и наружного освещения, выполненного светильниками, ±5 %;

б) для ламп рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также прожекторных установок наружного освещения +5 %, −2,5 %;

в) для электродвигателей ±5 %; в отдельных случаях для электродвигателей допускается отклонение выше номинального до +10 %.

В связи с этим каждый участок линии необходимо проверить на допустимую потерю напряжения.

Допустимая потеря напряжения $\Delta U_д$ в сети не нормируется. Она должна быть такой, чтобы отклонения напряжения на зажимах токоприемников не превышали указанных выше значений.

Потеря напряжения ΔU в трехфазной линии определяется по формулам:

а) к линии в конце присоединена одна нагрузка:

$$\Delta U = \sqrt{3}\, Il(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi), \text{ В};$$

б) к линии по ее длине присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_0^n Il(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi), \text{ В},$$

где I — ток, протекающий по расчетному участку, А;

l — длина расчетного участка линии, км;

r_0 — активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

x_0 — индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

φ — угол сдвига фаз между током и напряжением в электроприемнике.

Значения r_0 и x_0 для медных, алюминиевых и стальных проводов приведены в разделе 3.

Потерю напряжения ΔU в линии трехфазного тока низкого напряжения небольшой протяженности, выполненной медными или алюминиевыми проводами, можно определять по упрощенным формулам:

а) нагрузка в конце линии:

$$\Delta U = \frac{Pl}{U\gamma s}, \text{ В};$$

б) нагрузки присоединены по длине линии;

$$\Delta U = \frac{\sum_{0}^{n} Pl}{U\gamma s}, \text{ В},$$

где P — расчетная мощность на участке, Вт;

l — длина расчетного участка линии, м;

U — напряжение, В;

γ — удельная электрическая проводимость провода, м/Ом · мм^2;

s — сечение провода, мм^2.

Потерю напряжения ΔU в линии постоянного или однофазного переменного тока низкого напряжения, выполненной медными или алюминиевыми проводами, можно определять также по упрощенным формулам:

$$\Delta U = \frac{2Pl}{U\gamma s}, \text{ В} \quad \text{или} \quad \Delta U = \frac{2\sum_{0}^{n} Pl}{U\gamma s}, \text{ В}.$$

Пример 2. Определить сечение трехфазной воздушной линии для передачи мощности 30 кВт, присоединенной в конце линии. U = 380 В, длина линии 250 м, ΔU = 5 %, $\cos\varphi$ = 0,8. Провода медные, γ = 57 м/Ом · мм^2.

Решение. Потеря напряжения в вольтах:

$$\Delta U = \frac{\Delta U\% \cdot U}{100} = \frac{5 \cdot 380}{100} = 19 \text{ В}.$$

Сечение провода линии:

$$s = \frac{Pl}{U\gamma\Delta U} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 250}{380 \cdot 57 \cdot 19} = 18{,}2 \text{ мм}^2.$$

Выбираем провод марки М-25.

Проверяем по длительно допустимому току

$$I_р = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi} = \frac{30 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}8} = 57 \text{ А}.$$

Допустимая нагрузка 180 А.

Пример 3. Рассчитать воздушную трехфазную линию напряжением 660 В для передачи по стальным проводам мощности $S = 10$ кВ · А при $\cos\varphi = 0{,}8$, длина линии 0,5 км. Допустимая потеря напряжения $\Delta U_д = 40$ В.

Решение. Определяем расчетный ток:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660} = 8{,}7 \text{ А}.$$

Задаемся стальным многопроволочным проводом ПС-25. Находим $r_0 = 5{,}45$ Ом/км, $x_0 = 0{,}84$ Ом/км.

Потеря напряжения в вольтах:

$$\Delta U = \frac{Sl}{U}(r_0\cos\varphi + x_0\sin\varphi) =$$

$$= \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5}{660}(5{,}45 \cdot 0{,}8 + 0{,}84 \cdot 0{,}6) = 36 \text{ В}.$$

$$\Delta U_д = 40 \text{ В} > \Delta U = 36 \text{ В}.$$

Выбранное сечение провода соответствует условию потери напряжения.

Проверка на длительно допустимый ток.

Согласно разделу 3 длительно допустимый ток провода ПС-25 составляет 60 А. Таким образом, провод выбран с запасом.

В разделе 3 приведены значения потерь напряжения в процентах от номинального напряжения на 1 км линий, выполненных из медных и алюминиевых проводов.

Пример 4. Выбрать сечение кабельных линий на напряжение 10 кВ, питающих потребителей 1 категории и имеющих расчетную нагрузку $S_p = 5500$ кВ · А. Значение тока КЗ на шинах источника питания равно 8,45 кА, приведенное время КЗ $t_п = 1{,}25$ с. Длина питающих линий составляет $l = 0{,}5$ км, $\cos\varphi = 0{,}8$; время

использования максимума потерь $T_п$ = 5000 ч. Подключение кабельных линий к РУ осуществляется через масляные выключатели.

Решение.

1. Для потребителей 1 категории с целью обеспечения требуемой надежности питания принимаем две параллельно проложенные в траншее кабельные линии с расстоянием между ними 100 мм.

2. Определяем расчетные токи в нормальном $I_р$ и аварийном $I_{р.ав}$ режимах (когда одна из линий отключилась).

$$I_р = \frac{S_р}{2\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{5500}{2 \cdot 1{,}73 \cdot 10} = 159 \text{ А};$$

$$I_{р.ав} = \frac{S_р}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{5500}{1{,}73 \cdot 10} = 318 \text{ А}.$$

3. По разделу 3 выбираем кабель марки ААБл — с алюминиевыми жилами, изоляцией жил из пропитанной бумаги в алюминиевой оболочке, бронированной стальными лентами, с подушкой из битума.

4. Выбираем сечение жил кабельных линий, учитывая допустимую перегрузку в аварийном режиме и снижение допустимого тока в нормальном режиме при прокладке кабелей в одной траншее. Пусть время ликвидации аварии равно 6 ч, а коэффициент загрузки линий в нормальном режиме равен 0,6. В соответствии с табл. раздела 3 допустимая перегрузка составляет 1,25. Коэффициент снижения токовой нагрузки $k_{с.н}$ из табл. раздела 3 составляет 0,9.

Допустимый ток кабельных линий определяем из соотношения

$$1{,}25 \cdot 0{,}9 I_{доп} = I_{р.ав};$$
$$I_{доп} = I_{р.ав}/(1{,}25 \cdot 0{,}9);$$
$$I_{доп} = 282 \text{ А}.$$

По табл. раздела 3 принимаем сечение жил трехфазного кабеля равным 185 мм^2 ($I_{доп}$ = 310 А).

5. Определим термически стойкое к током КЗ сечение $s_т$

$$s_т = I_\infty \sqrt{t_п}/k_т = 8450\sqrt{1{,}25}/95 = 99{,}5 \text{ мм}^2,$$

где I_∞ — установившееся значение тока КЗ, А; $t_п$ — приведенное (фиктивное) время КЗ с; $k_т$ — температурный коэффициент, равный 95 (табл. раздела 3).

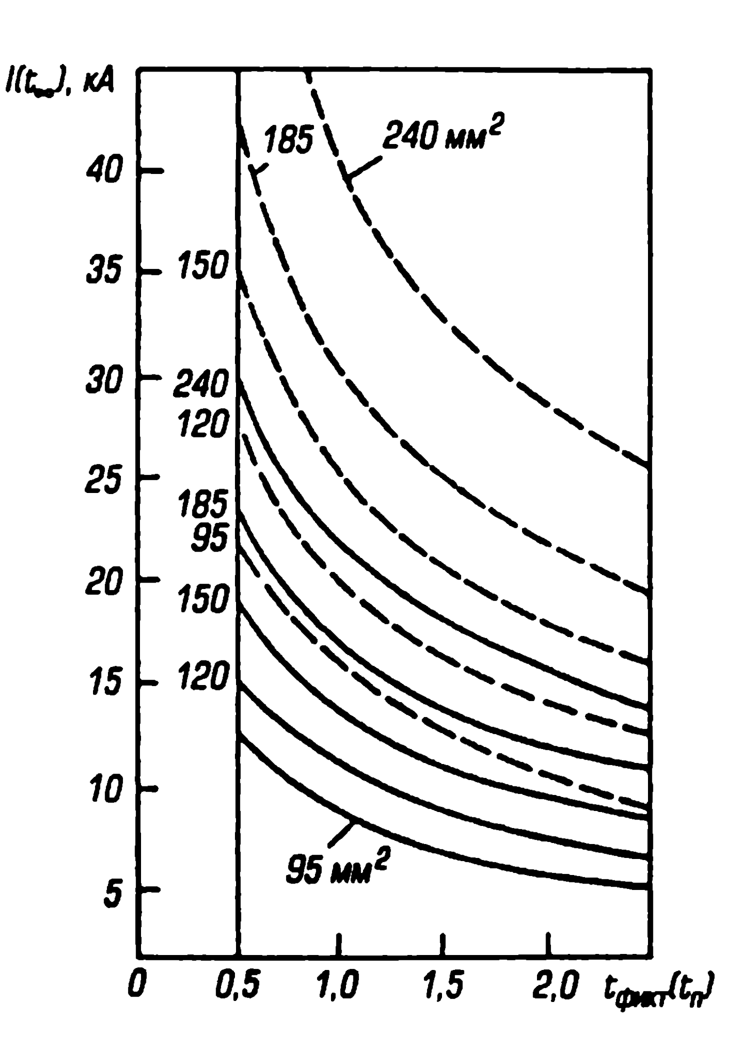


Рис. 2.35. Термическая стойкость кабелей 6—10 кВ сечением 95—240 мм ($t_{фикт}$ определяется временем действия)

Можно определить $s_т$ по графику (рис. 2.35), зная $t_п$ = 1,25 с и I_∞ = 8450 А. Ближайшее меньшее стандартное сечение составляет 95 мм^2.

Если известен тепловой импульс $B_к$, то $s_т$ можно определить по формуле

$$s_т = \sqrt{B_к}/C_т.$$

Здесь $B_к \approx I_к^2(t_к + T_а)$; $I_к = I_\infty$; $t_к$ — действительное время КЗ, можно принять $t_к = t_п$; $T_а$ — постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, обычно равная 0,005÷0,2 с; $C_т$ — коэффициент, значения которого приведены ниже:

	$C_т$, А·с$^{1/2}$/мм^2
Шины медные	170
Шины алюминиевые	90
Шины стальные при $\vartheta_{кр.доп}$ = 400 °С	70
Шины стальные при $\vartheta_{кр.доп}$ = 300 °С	60
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 10 кВ:	
с медными жилами	140
с алюминиевыми жилами	90
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 20—220 кВ:	
с медными жилами	105
с алюминиевыми жилами	70
Кабели и изолированные провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией:	
с медными жилами	120
с алюминиевыми жилами	75
Кабели и изолированные провода с полиэтиленовой изоляцией:	
с медными жилами	103
с алюминиевыми жилами	65

6. На основании п. 4 и п. 5 выбираем сечение 185 мм^2 и определяем потери напряжения:

в нормальном режиме

$$\Delta U_{н} = \sqrt{3}\, I_{р}\, l(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi) =$$
$$= 1{,}73 \cdot 159 \cdot 0{,}5(0{,}167 \cdot 0{,}8 + 0{,}077 \cdot 0{,}6) = 24{,}7 \text{ В}$$

в аварийном режиме

$$\Delta U_{ав} = \sqrt{3}\, I_{р.ав}\, l(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi) =$$
$$= 1{,}73 \cdot 318 \cdot 0{,}5(0{,}167 \cdot 0{,}8 + 0{,}077 \cdot 0{,}6) = 49{,}4 \text{ В},$$

где r_0 и x_0 принимаем по табл. раздела 3.

Из расчетов видно, что потери напряжения в линии незначительны, следовательно, напряжение у потребителей практически не будет отличаться от номинального.

7. Определяем потери мощности в линии при действительной нагрузке

$$\Delta P_{д} = \Delta P_{ном} k_{з}^2 = 3(I'_{доп})^2 r_0\, l\, k_{з}^2\, 10^{-3} =$$
$$= 3 \cdot 279^2 \cdot 0{,}167 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}57^2 \cdot 10^{-3} = 6{,}34 \text{ кВт},$$

где $I'_{доп}{}^{2} = k_{с.н} I_{доп} = 0{,}9 \cdot 310 = 279$ А;

$$k_{с.н} = 0{,}9; \quad k_{з} = I_{р}/I'_{доп} = 159/279 = 0{,}57.$$

Потери электроэнергии в линии составят

$$\Delta W_{а} = \Delta P_{д} T_{п} = 6{,}34 \cdot 5000 = 31700 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}.$$

а) **Общие выводы по выбору сечений жил кабелей напряжением выше 1 кВ**

Выбор сечений жил кабельных линий производится по экономической плотности тока $j_{эк}$, значения которых установлены в ПУЭ. Они зависят от материала, конструкции провода, продолжительности использования максимума нагрузки T_{max} и региона, характеризующегося стоимостью топлива.

Экономически целесообразное сечение определяют предварительно по расчетному току линии $I_{расч.норм}$ нормального режима и экономической плотности тока $j_{эк}$:

$$s_{эк} = \frac{I_{расч.норм}}{j_{эк}}.$$

Найденное расчетное сечение округляется до ближайшего стандартного.

Для обеспечения нормальных условий работы кабельных линий и правильной работы защищающих аппаратов выбранное сечение должно быть проверено по допустимой длительной нагрузке по нагреву в нормальном и послеаварийном режимах, а также по термической стойкости при токах КЗ.

Проверка по допустимой токовой нагрузке по нагреву в нормальном и послеаварийном режимах производится по условию

$$I_{расч} \leqslant I_{доп.факт},$$

где $I_{расч}$ — расчетный ток для проверки кабелей по нагреву; $I_{доп.факт}$ — фактическая допустимая токовая нагрузка.

Расчетный ток линии $I_{расч}$ определяется как

$$I_{расч} = \frac{S_{каб}}{\sqrt{3}\,U_{ном}},$$

где $S_{каб}$ — мощность, которая передается по кабельной линии в нормальном или послеаварийном режиме работы; $U_{ном}$ — номинальное напряжение сети.

Проверка сечений по термической стойкости проводится после расчетов токов КЗ.

Линии систем электроснабжения длиной менее 1 км по потерям напряжения не проверяются.

Если длина кабельной линии напряжением выше 1 кВ превышает 1 км, то потери напряжения ΔU_{nk} на неразветвленном участке линии от узла n до узла k с сопротивлением $R_{nk} + jX_{nk}$ при протекании мощности $P_{nk} + jQ_{nk}$:

$$\Delta U_{nk} = \frac{P_{nk}R_{nk} + Q_{nk}X_{nk}}{U_{ном}}.$$

При длине участка L_{nk} и определенного для данного класса номинальных напряжений удельного индуктивного сопротивле-

ния x_0 сечение участка линии, выбираемого по допустимой потере напряжения $\Delta U_{доп}$, определяется из выражения

$$s_{\Delta U} = \frac{P_{nk} L_{nk} \rho_0}{U_{ном}} \frac{1}{(\Delta U_{доп} - \Delta U_{доп X})},$$

где ρ_0 — удельное активное сопротивление для выбранного материала проводника, для алюминия ρ_0 = 31,5 Ом · мм^2 на 1 км; $\Delta U_{доп X}$ — потери напряжения, обусловленные реактивными мощностями сопротивлениями,

$$\Delta U_{доп X} = \frac{Q_{nk} L_{nk} x_0}{U_{ном}}.$$

Из пяти полученных по расчетам сечений — по экономической плотности тока, нагреву в нормальном и послеаварийных режимах, допустимым потерям напряжения и термической стойкости токам КЗ — принимается наибольшее как удовлетворяющее всем условиям.

б) Общие выводы по выбору сечений жил неизолированных проводов воздушных линий напряжением выше 1 кВ

Сечения проводов выбирают в зависимости от напряжения, расчетной токовой нагрузки, района по гололеду, материала и цепности опор.

Выбранное сечение провода должно быть проверено по допустимой токовой нагрузке по нагреву:

$$I_{п.а} = I_{доп.факт},$$

где $I_{п.а}$ — расчетный ток в послеаварийном режиме для проверки проводов по нагреву; $I_{доп.факт}$ — допустимые длительные токовые нагрузки.

Фактическую допустимую токовую нагрузку неизолированных проводов в нормальном и послеаварийном режимах работы определяют по выражению

$$I_{доп.факт} = I_{доп.табл} k_v k_{пер}$$

Под допустимой нагрузкой неизолированных проводов по условиям нагрева понимается токовая нагрузка, повышающая тем-

пературу провода до предельного значения 70 °С при полном безветрии и температуре окружающей среды +25 °С. Значения допустимого тока $I_{доп.табл}$ приводятся в справочниках в зависимости от марки провода.

В табл. 2.42 приведены поправочные коэффициенты k_v при температурах воздуха, отличных от +25 °С.

Таблица 2.42. **Поправочные коэффициенты k_v**

Температура воздуха, °С	−40	−30	−20	−10	0	+25	+50
Поправочный коэффициент k_v	1,56	1,5	1,4	1,3	1,25	1,0	0,7

В условиях эксплуатации ток, проходящий по проводам воздушной линии, меняет свое значение в течение времени, соответственно меняются потери активной мощности и температура нагрева провода, следовательно, меняется и его длина. В связи с этим меняется стрела провеса, определяющая основной габарит — расстояние от низшей точки подвеса провода до земли.

При выборе сечений проводов воздушной линии необходимо учитывать ограничения по условиям коронирования и механической прочности. Так, при номинальном напряжении линии 110 кВ наименьшее допустимое сечение сталеалюминевых проводов по условиям коронирования 70 мм^2; при напряжении 220 кВ — 240 мм^2. Наименьшие допустимые сечения проводов воздушных линий напряжением 1...35 кВ по условиям механической прочности — 25 мм^2. Для сталеалюминевых проводов рекомендуется применять марку АСО при сечении ⩾240 мм^2 и марку АС при сечении ⩽185 мм^2 при расчетной толщине гололеда до 20 мм, марку АСУ — для всех сечений при расчетной толщине гололеда более 20 мм.

Расчетная токовая нагрузка воздушной линии определяется по выражению

$$I_р = I_5 \alpha_i \alpha_t,$$

где α_i — коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии, значение α_i принимается равным 1,05; α_t — коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки линии T_{max} и коэффициент ее попадания в максимум нагрузки энергосистемы, $\alpha_t = 1$ при $T_{max} = 5500$ ч.

Ток линии на пятый год ее эксплуатации в нормальном эксплуатационном режиме I_5 определяется по выражению

$$I_5 = \frac{S}{\sqrt{3} n_ц U_{ном}},$$

где S — полная мощность, передаваемая по линии; $n_ц$ — количество цепей линии.

в) **Выбор сечений проводов и жил кабелей напряжением до 1 кВ с учетом выбора защиты**

Сечение проводов и жил кабелей напряжением до 1 кВ по условию нагрева определяют в зависимости от расчетного значения допустимой длительной нагрузки при нормальных условиях прокладки из двух соотношений:

1) по условию нагрева длительным расчетным током

$$I_{норм.доп} = I_{дл.р} / k_{прокл},$$

где $I_{норм.доп}$ — допустимый ток кабеля или провода в нормальном режиме; $I_{дл.р}$ — длительный расчетный ток линии; $k_{прокл}$ — поправочный коэффициент на условия прокладки;

2) по условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{норм.доп} = (I_{защ} k_{защ}) / k_{прокл},$$

где $I_{защ} = I_{ном.вст}$, если линия защищается предохранителем; $I_{защ} = I_{сраб}$, если линия защищается автоматическим выключателем; $k_{защ}$ — кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата.

Согласно ПУЭ, защите от перегрузки и токов КЗ подлежат: сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными, незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой; сети внутри помещений, выполненные защищенными проводниками, проложенными в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т. п., в следующих случаях:

- осветительные сети в жилых и общественных зданиях, а также в пожароопасных производственных помещениях;
- силовые сети, когда по условиям технологического процесса может возникнуть длительная перегрузка;

- сети всех видов во взрывоопасных помещениях независимо от условий технологического процесса.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от токов КЗ, в частности, кабели и проводники в трубах в невзрывоопасных помещениях.

Если допустимая токовая нагрузка, найденная по условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты, не совпадает с данными таблиц допустимых токовых нагрузок, разрешается применение проводника меньшего сечения. Однако это сечение не должно быть меньше требуемого при определении допустимой нагрузки по условию нагрева длительным расчетным током.

Сечение проводов и жил кабелей для ответвления к одиночному двигателю с короткозамкнутым ротором во всех случаях выбирается по условию нагрева длительным расчетным током. При этом длительный расчетный ток линии $I_{\text{дл.р}}$ для невзрывоопасных помещений равен номинальному току двигателя:

$$I_{\text{ном.дв}} = I_{\text{дл.р}};$$

для взрывоопасных помещений

$$1{,}25 I_{\text{ном.дв}} = I_{\text{дл.р}}.$$

Пример 5. Определить потерю напряжения в воздушной линии трехфазного тока, выполненной алюминиевыми проводами сечением 10 мм^2 при $U_{\text{ном}}$ = 380 В, если на линии имеются нагрузки: 10; 5 и 2,5 кВт с расстояниями их до питательного пункта соответственно 50, 80 и 120 м, при $\cos\varphi = 0{,}8$.

Решение: 1) активное сопротивление r_0 линии сечением 10 мм^2 равно r_0 = 3,14 Ом/км;

2) индуктивное сопротивление x_0 линии по среднему значению составляет x_0 = 0,4 Ом/км. Тогда потеря напряжения будет равна

$$\Delta U\,\% = \frac{10^5}{U_{\text{ном}}^2 \cos\varphi}(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi)\sum_1^3 P_i l_i =$$

$$= \frac{10^5}{380^2 \cdot 0{,}8}(3{,}14 \cdot 0{,}8 + 0{,}4 \cdot 0{,}6) \times$$

$$\times (10 \cdot 0{,}05 + 5 \cdot 0{,}08 + 2{,}5 \cdot 0{,}12) = 2{,}13\,\%.$$

Таблица 2.43 **К расчету троллейной линии**

Параметры троллеев			Параметры подпитки		Наивыгоднейшее отношение $\gamma = \frac{z_п}{z_т}$
размеры угловой стали, мм	сопротивление $z_т$, Ом	потеря напряжения $\Delta U_т$ при $\cos\varphi = 0,5$, В/км	размеры алюминиевой ленты, мм	сопротивление $z_п$, Ом	
50 × 50 × 5	2,08	3,32	20 × 3	0,583	0,280
			30 × 3	0,425	0,204
			40 × 3	0,348	0,167
			50 × 3	0,320	0,154
			60 × 3	0,248	0,119
			80 × 3	0,210	0,101

Пример 6. Рассчитать подпитку при напряжении линии 380 В, длине линии от ТП до точки присоединения к троллею $l_ф$ = 60 м, длине троллейной линии, выполненной из угловой стали 50 × 50 × 5, от точки присоединения фидера до наиболее удаленной точки троллеев — $l_т$ = 110 м, максимальном токе нагрузки I_{30} = 120 А, пиковом токе $I_п$ = 355 А, $\cos\varphi = 0,5$, допустимой потере напряжения ΔU_0 = 5,7 %, или 21,7 В.

Решение. Максимальная величина тока, которая допускается в троллейной линии, исходя из $\Delta U_т$ = 3,32 В (табл. 2.43),

$$I_{п.т} = \frac{\Delta U_0}{\Delta U_т l_т 10^3} = \frac{21,7}{3,32 \cdot 110 \cdot 10^{-3}} = 65 \text{ А}.$$

где ΔU_0 — допустимая потеря напряжения, В; $\Delta U_т$ — то же, на 1 км линии; $l_т$ — длина троллейной линии от точки питания до наиболее удаленного конца, км.

При этом ток подпитки в ленте $I_{п.л} = I_п - I_{п.т} = 355 - 65 = 290$ А.

Наивыгоднейшее соотношение токов

$$\gamma = \frac{z_п}{z_т} = \frac{I_{п.т}}{I_{п.л}} = \frac{65}{290} = 0,222.$$

Соответственно по табл. 2.43 подбираем ближайшее значение γ = 0,204, при котором размер алюминиевой ленты будет 30 × 3 мм.

2.18 Определение мощности электродвигателей (примеры расчета)

Пример 7. Определить мощность электродвигателя рабочей машины, работающей в повторно-кратковременном режиме (рис. 2.36) по следующим данным: $P_1 = 12$ кВт, $P_2 = 5$ кВт, $P_3 = 3{,}1$ кВт, $t_1 = 5$ сек, $t_2 = 25$ сек, $t_3 = 4$ сек, $t_0 = 46$ сек.

Решение. Определяем эквивалентную мощность:

$$P_э = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}} = \sqrt{\frac{12^2 \cdot 5 + 5^2 \cdot 25 + 3{,}1^2 \cdot 4}{5 + 25 + 4 + 46}} = 4{,}16 \text{ кВт}.$$

Продолжительность включения:

$$\text{ПВ}_1\ \% = \frac{\sum t_{раб}}{\sum t_{раб} + \sum t_о} \cdot 100 = \frac{5 + 25 + 4}{5 + 25 + 4 + 46} \cdot 100 = 42{,}5\ \%.$$

Мощность двигателя при стандартной продолжительности включения $\text{ПВ}_{40} = 40$ %:

$$P_{40} = P_э \sqrt{\frac{\text{ПВ}_1}{\text{ПВ}_{40}}} = 4{,}16 \sqrt{\frac{42{,}5}{40}} = 4{,}4 \text{ кВт}.$$

По каталожным данным двигателей крановой серии МТ выбираем электродвигатель МТ21-6; $P_{ном} = 5$ кВт при ПВ = 40 %; $\lambda = 2{,}9$.

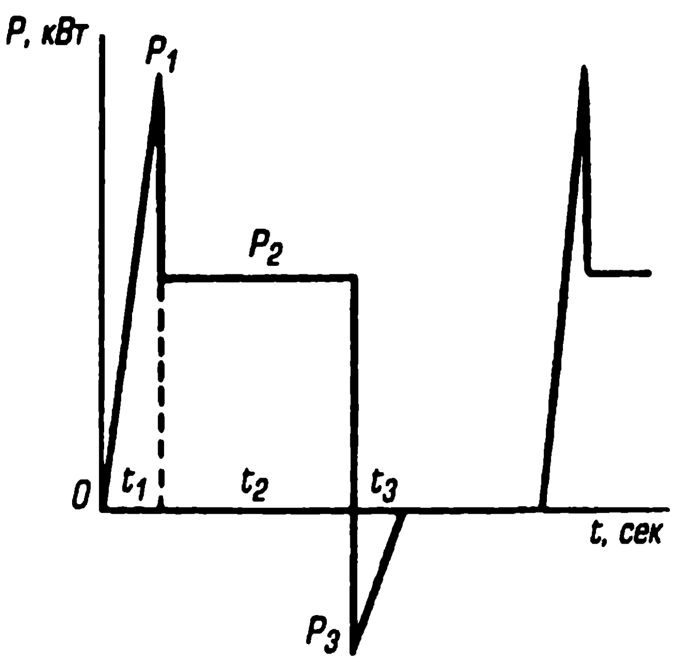


Рис. 2.36. График нагрузки к примеру

Проверяем электродвигатель на перегрузочную способность:

$$\lambda_м = \frac{P_{макс}}{P_{ном}} = \frac{12}{5} = 2{,}4,$$

что не превышает допускаемой каталогом величины ($\lambda = 2{,}9$).

При нестандартном значении ПВ % пересчет мощности ведут на ближайшую стандартную ПВ %, за исключением

случаев, когда ПВ % больше 60 % (тогда выбирают двигатель длительного режима) или меньше 10 % (выбирают двигатель кратковременного режима).

Для электродвигателей с внутренней и наружной самовентиляцией (типы А, А2, АО, АО2 и их модификации) при определении мощности по методу эквивалентных величин следует ввести поправочные коэффициенты, учитывающие ухудшение охлаждения электродвигателя в периоды пауз (β_0), пуска ($\beta_п$) и торможения ($\beta_т$).

Таблица 2.44. **Значение коэффициента β**

Исполнение электродвигателя	β_0
Асинхронные защищенные серии А со скоростью n_0 = 1500 об/мин и мощностью 1—100 кВт	0,5—0,17
Закрытые с обдувом (той же серии)	0,45—0,3
Закрытые без обдува	0,93—0,98

$$\beta_п = \beta_т = \frac{\beta_0}{2}.$$

В этом случае эквивалентную мощность (рис.2.36) определяют по формуле:

$$P_э = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{\beta_п t_1 + t_2 + \beta_т t_3 + \beta_0 t_0}}.$$

Расчет мощности двигателей типовых установок

Электродвигатель выбирают в соответствии с мощностью приводимого механизма, а конструкцию его — с учетом свойств окружающей среды.

В производственной практике часто необходимы расчеты по определению мощности таких механизмов, как вентиляторы, насосы, компрессоры, металлорежущие станки, транспортеры и т. д. Ниже приводятся соответствующие расчеты по определению мощности двигателей некоторых установок.

Расчетная мощность двигателя для привода центробежного вентилятора:

$$P = \frac{QH}{120\eta\eta_п}, \text{ кВт},$$

где H — давление газа, кГ/м^2; Q — расход газа, м^3/сек; η — КПД вентилятора, указываемый в каталогах (~0,4÷0,75); $\eta_п$ — КПД передачи между двигателем и вентилятором.

С учетом случайных перегрузок двигателя центробежного вентилятора выбираемая мощность двигателя должна превышать расчетную мощность на следующие величины:

При P, кВт	до 1	1—2	2—5	более 5
Добавлять, %	100	50	25	15—10

Расчетная мощность двигателя для привода центробежного или поршневого насоса:

$$P = \frac{\gamma Q(H + \Delta H)}{102\eta\eta_п}, \text{ кВт},$$

где γ — удельный вес перекачиваемой жидкости, т/м^3; Q — производительность насоса, м^3/сек; H — высота напора, равная сумме высот всасывания и нагнетания, м; ΔH — падение напора в магистралях, м; η — КПД насоса, указываемый в каталогах (~0,6÷0,9); $\eta_п$ — КПД передачи между двигателем и насосом.

С учетом случайных перегрузок двигателя насоса выбираемая мощность двигателя должна превышать расчетную мощность на следующие величины:

При P, кВт	до 2	2—5	5—50	50—100	100 и более
Добавлять, %	70	50—30	15—10	8—5	5

Мощность на валу двигателя центробежного компрессора:

$$P = \frac{Q}{102\eta} \frac{A_и + A_a}{2}, \text{ кВт},$$

где Q — производительность компрессора, м^3/сек; $A_и$ — изотермическая работа (кГм) сжатия 1 м^3 газа до абсолютного давления P (абсолютное давление равно избыточному плюс 1 ат); $A_а$ —

адиабатическая работа (кГм) сжатия 1 $м^3$ газа до абсолютного давления P; η — средняя величина индикаторного изотермического и адиабатического КПД с учетом механической передачи от двигателя (~0,62÷0,8).

Величины $A_и$ и $A_а$ для воздуха в зависимости от конечного давления сжатия имеют следующие значения (табл. 2.45):

Таблица 2.45. **Значения $A_и$ и $A_а$**

P, ат	$A_и$, кГм	$A_а$, кГм
1,5	4050	4300
2,0	6900	7700
3,0	11000	12900
4,0	13900	17100
5,0	16100	20500
6,0	17900	23500
7,0	19500	26100
8,0	20800	28600
9,0	22000	30700
10,0	23000	32700

Мощность двигателя лифта:

$$P = \frac{(G_0 + G_{ном} - G_{пр}) \cdot v}{102\eta}, \text{ кВт},$$

где G_0 — вес кабины, кГ; $G_{ном}$ — номинальный вес поднимаемого груза, кГ; $G_{пр}$ — вес противовеса, кГ; v — скорость движения кабины, м/с; η — КПД подъемного механизма.

Вес противовеса принимается равным:

$$G_{пр} = G_0 + 0{,}5G_{ном}.$$

Мощность двигателя подъема крана при подъеме груза:

$$P = \frac{(G + G_0)v}{102\eta}, \text{ кВт},$$

где G — вес поднимаемого груза, кГ; G_0 — вес захватывающего приспособления, кГ; v — скорость подъема, м/сек; η — КПД подъемного механизма.

Мощность двигателя подъема крана при опускании груза:

$$P = \frac{(G + G_0)v}{102} \frac{2\eta - 1}{\eta}, \text{ кВт}.$$

При $\eta > 0{,}5$ — тормозной спуск груза (генераторный режим двигателя).

При $\eta < 0{,}5$ — силовой спуск груза (двигательный режим двигателя).

Мощность двигателя горизонтального перемещения крана:

$$P = \frac{k(G + G_0)(\mu r + f)v}{102R\eta}, \text{ кВт},$$

где G — вес перемещаемого груза, кГ; G_0 — собственный вес механизма, кГ; r — радиус шейки оси колес, см; R — радиус колеса, см; v — скорость передвижения моста, м/сек; f — коэффициент трения качения; μ — коэффициент трения скольжения; η — КПД механизма перемещения; k — 1,2÷3,0 — коэффициент, учитывающий трение реборд о рельсы при перекосах.

Мощность двигателя конвейера:

$$P = \frac{Fv}{120\eta}, \text{ кВт},$$

где F — результирующее тяговое усилие конвейера, кГ; v — скорость движения конвейера, м/сек; η — КПД приводного механизма.

Мощность двигателя для транспортеров:

а) наклонные ленточные транспортеры:

$$P = \frac{0{,}736k_1k_2}{\eta}\left(\frac{AL_1v}{1{,}5} + \frac{BL_2v}{300} + \frac{QH}{270} + C\right), \text{ кВт};$$

б) горизонтальные ленточные транспортеры:

$$P = \frac{QfL}{367\eta}, \text{ кВт};$$

в) ковшовые элеваторы:

$$P = \frac{QH}{367\eta}, \text{ кВт},$$

где A, B — коэффициенты холостого хода лент и груза (принимают по табл. 2.46); C — коэффициент на сбрасыватель (табл. 2.46); v — скорость движения ленты, м/с; L — рабочая длина транспортера, м; L_1 —длина транспортера между барабанами, м; L_2 — длина перемещения груза, м; H — высота подъема груза, м; Q — производительность транспортера, т/ч; k_1 — коэффициент, учитывающий добавочные потери; при длине транспортеров до 15, до 30, до 45 и свыше 45 м принимают соответственно 1,2; 1,1; 1,06 и 1,0; k_2 — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления при пуске; принимается равным 1,2—1,5; f — коэффициент трения; при подшипниках скольжения равен 0,1, качения — 0,01—0,05; η — КПД передачи: ременная 0,85—0,9, клиноременная 0,97—0,98, зубчатая 0,98.

Таблица 2.46. **Значения коэффициентов *A*, *B* и *C***

Коэффициенты	Ширина ленты, мм								
	до 400	450	500	600	750	900	1050	1200	1500
A	0,026	0,026	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1
B	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,1	0,1	0,09
C	1,5	1,5	1,5	1,75	2,5	3,0	4,0	5,0	7,0

Примечание. Коэффициенты даны для подшипников скольжения. Для подшипников качения значения их надо уменьшить вдвое. При сбрасывателе, имеющем форму волнореза, C уменьшится вдвое.

Мощность двигателя для металлорежущих станков определяют по формуле:

$$P = \frac{P_z}{\eta}, \text{ кВт},$$

где P_z — мощность резания, кВт; η — КПД станка.

Резание при точении. Усилие резания при снятии резцом стружки равно:

$$F_z = C_{F_z} t^{x_{F_z}} S^{y_{F_z}} v^n \text{ кг};$$

где F_z — усилие резания, преодолеваемое шпинделем, кг; C_{F_z} — коэффициент, характеризующий материал резца и вид токарной обработки. При наружном точении или растачивании изделий из углеродистой стали для резцов из быстрорежущей стали $C_{F_z} = 208$; $n = 0$, для твердосплавных резцов $C_{F_z} = 300$; $n = -0,15$; при точении и растачивании изделий из серого чугуна для резцов из быстрорежущей стали $C_{F_z} = 118$; $n = 0$, для твердосплавных резцов $C_{F_z} = 92$; $n = 0$;

t — глубина резания (расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями), мм; S — подача резца (перемещение резца, приходящееся на 1 об), мм/об; v — скорость резания, м/мин;

$$x_{F_z} = 1; \quad y_{F_z} = 0,75 \text{ — показатели степеней.}$$

Для других условий обработки значения коэффициента C_{F_z} и показателей степеней берутся из справочника по режимам резания.

Мощность резания при точении определяется по формуле:

$$P_z = \frac{F_z v}{120 \cdot 60}, \text{ кВт.}$$

Строгание. Мощность двигателя при строгании определяют по указанным выше формулам для точения.

Сверление. Требуемый момент при сверлении определяют по формуле:

$$M = \frac{C_м d^{1,9} S^{y_м}}{1000} \text{ кГм,}$$

где $C_м$ — коэффициент: для углеродистой стали равен 33,8; для бронзы — 12,2; d — диаметр сверла, мм; S — подача, мм/об; $y_м = 0,8$.

Коэффициент и показатели степеней для других материалов берутся из справочника по режимам резания.

Мощность резания при сверлении определяют по формуле:

$$P = \frac{Mn}{975}, \text{ кВт},$$

где n — скорость вращения сверла, об/мин.

Фрезерование. Усилие резания (окружное усилие) при фрезеровании равно:

$$F_z = C_F t^{x_F} S^{y_F} Bzd^i \text{ кГ},$$

где t — глубина резания (толщина снимаемого слоя металла за один проход), мм; S — подача на один зуб фрезы, мм; B — ширина фрезерования, мм; z — число зубьев фрезы; d — диаметр фрезы, мм; C_F — коэффициент, равный 22,5—82,4;

$$x_F = 0{,}65—0{,}8; \quad y_F = 0{,}83—0{,}95; \quad i = 0{,}83—1{,}14.$$

Мощность резания при фрезеровании определяют по формуле:

$$P_z = F_z nd\, 0{,}5 \cdot 10^{-6}, \text{ кВт},$$

где n — скорость вращения фрезы, об/мин.

2.19. Определение активной мощности в трехфазной сети (пример расчета)

Активную мощность в трехфазной сети определяют расчетным путем как сумму мощностей фаз P_1, P_2 и P_3, показываемых отдельными ваттметрами т. е.

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \text{ Вт}.$$

Для измерения мощности в четырехпроводной сети чаще применяют трехэлементные ваттметры, шкала которых градуирована в значениях трехфазной мощности.

В трехпроводных цепях трехфазного тока активную мощность измеряют обычно двумя однофазными ваттметрами или одним трехфазным двухэлементным ваттметром, шкала которого градуирована в значениях трехфазной мощности.

Активную мощность P в трехфазной сети при измерении двумя однофазными ваттметрами определяют расчетным путем как

сумму мощностей P' и P'', измеряемых отдельными ваттметрами, т. е.

$$P = P' + P'', \text{ Вт.}$$

Следует иметь в виду, что при измерении трехфазной мощности двумя ваттметрами их показания будут одинаковыми только при равномерной нагрузке фаз и $\cos\varphi = 1$. Если $\cos\varphi = 0{,}5$, то при равномерной нагрузке фаз показания одного ваттметра будут всегда равны нулю.

При равномерной нагрузке фаз и значении $\cos\varphi$ меньше 0,5 стрелка одного ваттметра будет отклоняться влево от нуля. Поэтому с помощью переключателя, вмонтированного в прибор, следует изменить направление тока в одной из катушек ваттметра, а его показания считать со знаком «минус».

На рис. 2.37 приведена схема включения трех однофазных ваттметров с трансформаторами тока и добавочными сопротивлениями в трехфазную четырехпроводную сеть низкого напряжения. В этом случае для определения трехфазной мощности вначале определяют мощность P_x непосредственно по показаниям ваттметров, пользуясь для этого приведенными выше формулами определения мощностей при прямом включении ваттметров в сеть по выбранной схеме измерения. Затем полученный результат измерения умножают на коэффициент трансформации трансформатора тока $k_т$ и отношение номинального напряжения $U'_{ном}$ параллельной цепи с учетом внешнего добавочного сопротивления к номинальному напряжению $U_{ном}$ параллельной цепи без добавочного сопротивления.

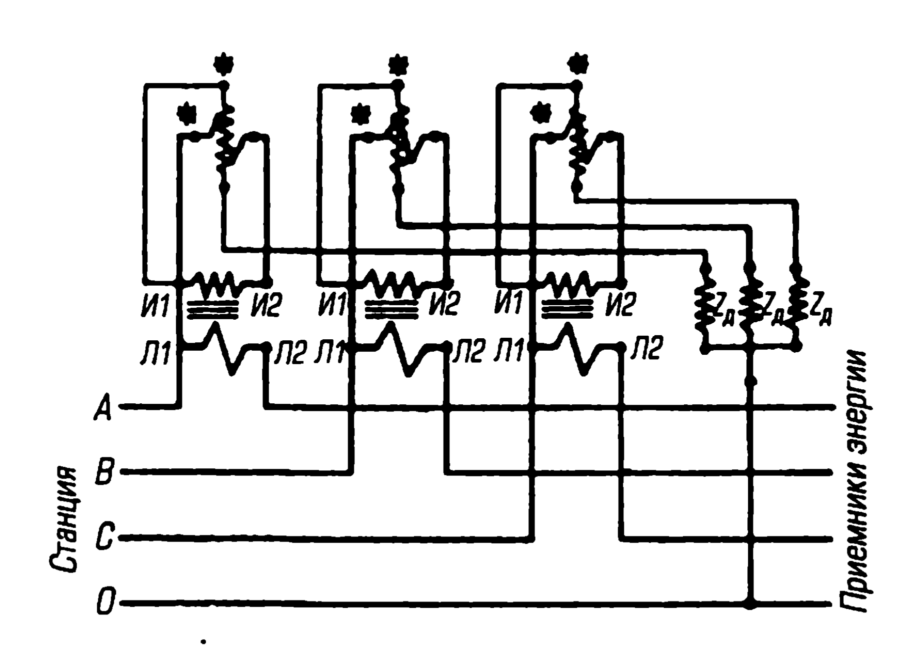


Рис. 2.37. Схема включения трех однофазных ваттметров с трансформаторами тока и добавочными сопротивлениями в сеть трехфазного тока низкого напряжения

Пример 8. Определить активную мощность трехфазной сети 380/220 В по показаниям трех астатических ваттметров, включенных по схеме (рис. 2.37) через трансформаторы тока с номинальным коэффициентом трансформации $k_т = \frac{400}{5}$. Предел напряжения параллельной цепи ваттметров расширен с $U_{ном} = 150$ В до $U'_{ном} = 300$ В добавочными сопротивлениями. Показания ваттметров: $P_1 = 0{,}25$ кВт; $P_2 = 0{,}35$ кВт; $P_3 = 0{,}3$ кВт.

Решение. Определяем общую мощность, показываемую ваттметрами:

$$P_x = P_1 + P_2 + P_3 = 0{,}25 + 0{,}35 + 0{,}3 = 0{,}9 \text{ кВт}.$$

Мощность трехфазной сети будет:

$$P = P_x k_т \frac{U'_{ном}}{U_{ном}} = 0{,}9 \frac{400}{5} \frac{300}{150} = 144 \text{ кВт}.$$

По схеме на рис. 2.37 включают также отдельные цепи двухэлементных и трехэлементных ваттметров.

2.20. Расчетные значения тока срабатывания защиты нулевой последовательности при ОЗЗ

Таблица 2.47. **Расчетные значения $I_{0с.з\,min}$ для токовых защит от ОЗЗ**

Тип ТТНП	Тип реле тока	$I_{ср\,min}$, А	Число ТТНП и соединение их вторичных обмоток						
			1	2	3	4	2	3	4
				Параллельное			Последовательное		
ТЗЛМ	РТ-40/0,2	0,1	7,5 (8,6)	12,5	17,5	22,5	10 (11,6)	12,5	15
	РТ-40/0,2	0,05	11,25	21,25	31,25	41,25	12,5	13,75	15
	РТЗ-50	0,03	4,12 (3,5)	7,5	10,88	14,25	4,88 (4,0)	5,63	6,38

Тип ТТНП	Тип реле тока	$I_{ср\,min}$, А	Число ТТНП и соединение их вторичных обмоток						
			1	2	3	4	2	3	4
				Параллельное			Последовательное		
ТЗЛМ	РТЗ-51	0,2	0,55 (0,6)	0,6 (0,89)	0,65 (1,08)	0,7 (1,33)	1,05 (1,08)	1,55 (1,6)	2,05 (2,16)
ТЗРЛ	РТ-40/0,2	0,1	19,17 (20)	35,83	52,5	69,17	21,67 (25)	24,17	26,67
	РТ-40/0,2	0,05	34,58	67,92	101,25	134,58	35,83	37,08	38,33
	РТЗ-50	0,03	12	23,25	34,5	45,75	12,75	13,5	14,25
	РТЗ-51	0,02	0,67 (0,81)	0,83 (1,0)	1,0 (1,2)	1,16 (1,52)	1,17 (1,34)	1,67 (1,95)	2,17 (2,56)

Примечание. В скобках приведены значения $I_{0с.з\,min}$, полученные по результатам испытаний.

2.21. Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Таблица 2.48. **Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ***

Вид взрывозащиты электрооборудования	Категория и группа взрывоопасной смеси, для которой предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Взрывонепроницаемая оболочка	1-я категория, группа А	В1А
	1—3-я категории, группы А, Б и Г	В3Г
	Все категории, группа А	В4А
Масляное заполнение оболочки и взрывонепроницаемая оболочка	1—3-я категории, группа А	М3А
Масляное заполнение оболочки и защита вида «е»	Все категории, группы А и Б	МНБ
Защита вида «е»	Все категории, группы А, Б и Г	Н0Г
Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категории, группа А	Н2А
Защита вида «е» и заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории и группы	НПД
Защита вида «е» и масляное заполнение оболочки	Все категории и группы	НМД

Вид взрывозащиты электрооборудования	Категория и группа взрывоопасной смеси, для которой предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Защита вида «е» и искробезопасная электрическая цепь	Все категории, группа А	Н0А $\frac{2И}{бензол}$
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории и группы	110Д
Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	1—3-я категории, группы А, Б и Г	$\frac{И3Г}{серный\ эфир}$
Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	$\frac{ИО}{водород}$
Специальный вид взрывозащиты	Все категории, группы А, Б и Г	С01
Специальный вид взрывозащиты и искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	С0Д $\frac{И}{водород}$
Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	1—3-ая категории, группы А, Б и Г	В3Г $\frac{И}{серный\ эфир}$

*ПИВЭ — «Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования».

Таблица 2.49. **Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ***

Уровень взрывозащиты электрооборудования	Вид взрывозащиты	Категория и группа взрывоопасной смеси, для которой предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	Все категории, группы Т1—Т4	[Н4Т4] (Н)
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категория, группы Т1—Т3	[Н2Т3] (Н) (В)
	Защита вида «е» и искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	[Н4Т5] (Н) (И)
	Масляное заполнение оболочки и защита вида «е»	То же	[Н4Т5] (М) (Н)

Уровень взрывозащиты электрооборудования	Вид взрывозащиты	Категория и группа взрывоопасной смеси, для которой предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категория, группы Т1—Т3	В2Т3 (В)
	Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	В4Т5 (И)
	Кварцевое заполнение оболочки	Все категории, группа Т1	В4Т1 (К)
	Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории, группы Т1—Т4	В4Т4 (П)
	Масляное заполнение оболочки	Все категории и группы	В4Т5 (М)
	Специальный вид взрывозащиты	Все категории, группы Т1—Т4	В4Т4 (С)
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	Все категории, группы Т1—Т3	В4Т3 (В) (И)
	Взрывонепроницаемая оболочка, искробезопасная электрическая цепь и специальный вид взрывозащиты	Все категории и группы	В4Т5 (В) (И) (С)
	Искробезопасная электрическая цепь и специальный вид взрывозащиты	1-я категория, все группы	В3Т5 (И) (С)
Особовзрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	04Т5 (И)

*ПИВРЭ — "Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования".

Таблица 2.50. **Категория взрывоопасной смеси**

Категория взрывоопасной смеси по классификации ПИВРЭ и ПИВЭ	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
1	IIA
2	IIA
3	IIA, IIB
4	IIA, IIB, IIC

Таблица 2.51. **Группы взрывоопасной смеси**

Группа взрывоопасной смеси в маркировке по взрывозащите электрооборудования, изготовленного по		Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
ПИВРЭ	ПИВЭ	
T1	А	T1
T2	Б	T1, T2
T3	—	T1—T3
T4	Г	T1—T4
T5	Д	T1—T5

2.22. Электробезопасность в системах электроснабжения

Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током

ПУЭ определяют в отношении опасности поражения людей электрическим током следующие классы помещений:

1) *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2) *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

— сырость (относительная влажность более 75 %) или токопроводящая пыль;

Пыльные помещения — помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.

— токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);

— высокая температура;

Жаркие помещения — помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает +35 °С (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные).

— возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой;

3) *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

— особая сырость;

Особо сырые помещения — помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

— химически активная или органическая среда;

Помещения с химически активной или органической средой — помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

— одновременно два или более условий повышенной опасности;

4) *территории открытых электроустановок* в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к *особо опасным* помещениям.

Следует отметить, что в 7-м издании ПУЭ предъявляют значительно более жесткие требования к электроустановкам по условию обеспечения необходимого уровня электробезопасности. Так, защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или

12 В переменного и 30 В постоянного при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока во всех случаях.

Необходимой защитной мерой для обеспечения электробезопасности в системах электроснабжения является применение уравнивания и выравнивания потенциалов.

Уравнивание потенциалов — электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов. Защитное уравнивание потенциалов выполняется в целях электробезопасности.

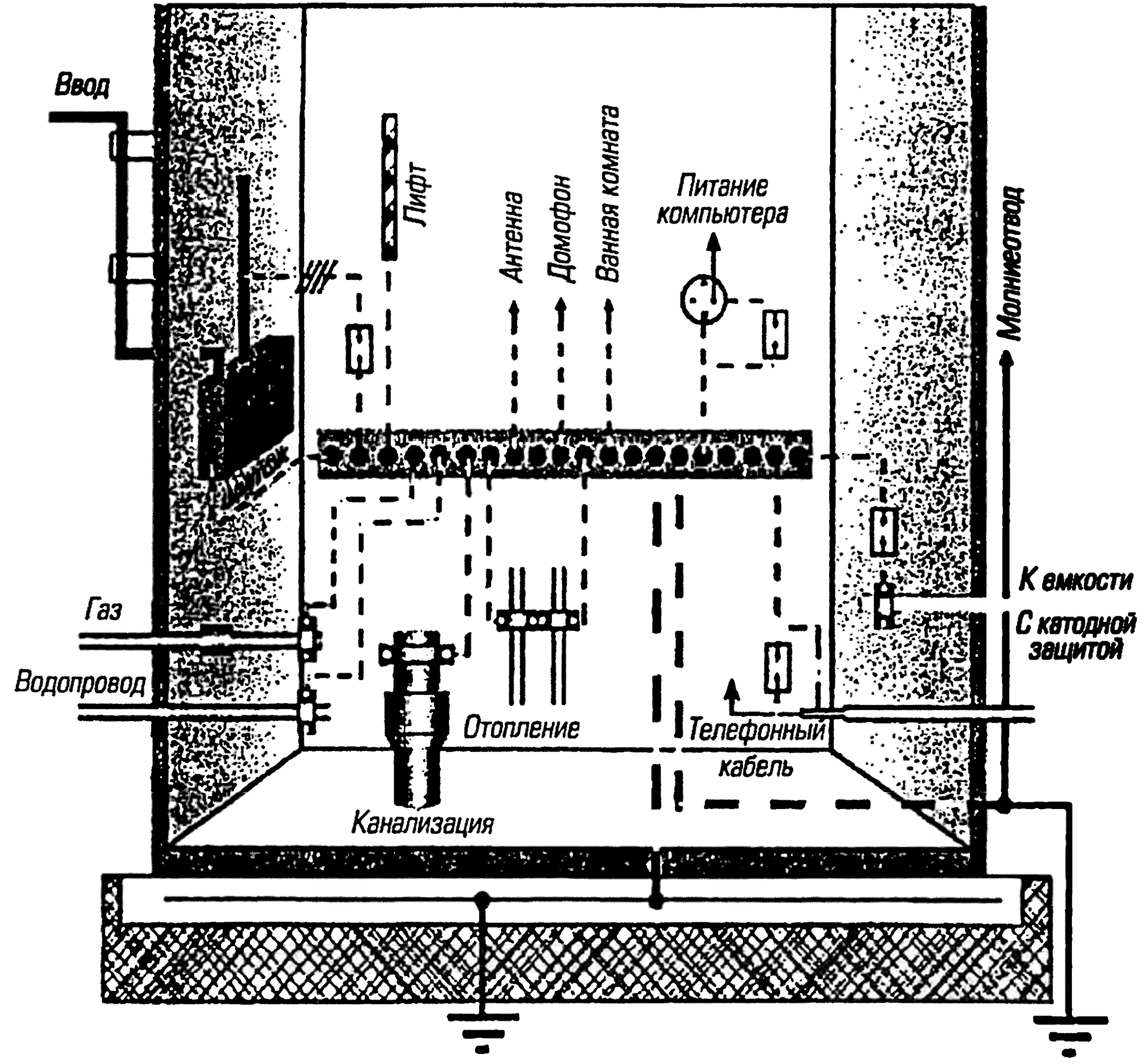


Рис. 2.38. Пример выполнения системы уравнивания потенциалов

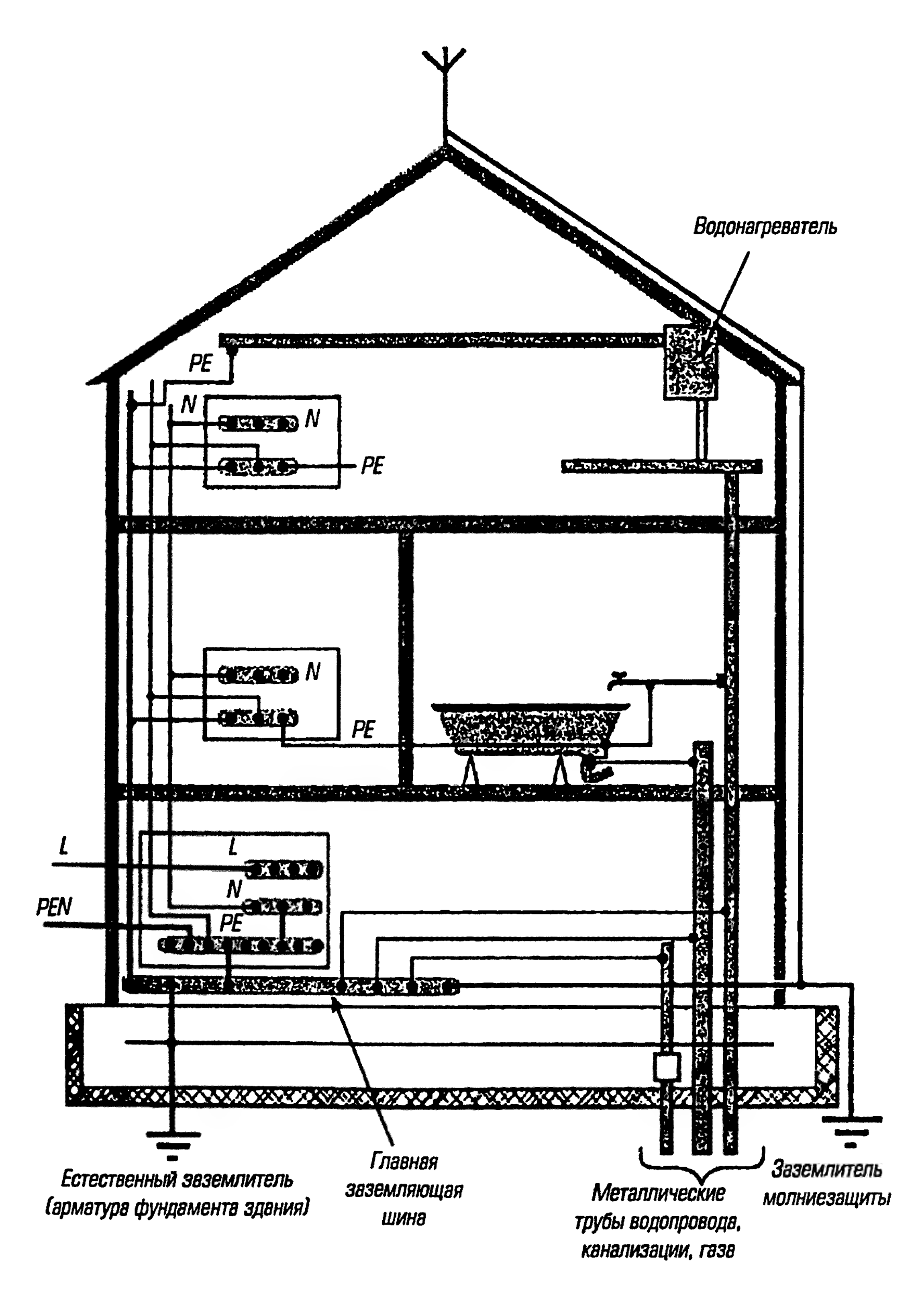


Рис. 2.39. Пример выполнения уравнения потенциалов в электроустановке здания с системой TN-C-S

Выравнивание потенциалов — снижение разности потенциалов напряжения шага на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или применение специальных покрытий земли.

Ниже в качестве примера на рис. 2.38 и 2.39 показано выполнение систем уравнивания потенциалов.

Привила МЭК предусматривают подсоединение всех подлежащих заземлению проводников к общей шине. Это позволяет избежать протекания различных токов (непредсказуемых циркулирующих) *в системе заземления,* вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки.

Типы систем заземления

Существуют пять типов систем заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT.

На приведенных ниже рисунках приняты следующие графические обозначения:

защитный проводник, нулевой защитный проводник (PE)

нулевой рабочий проводник (N)

совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN)

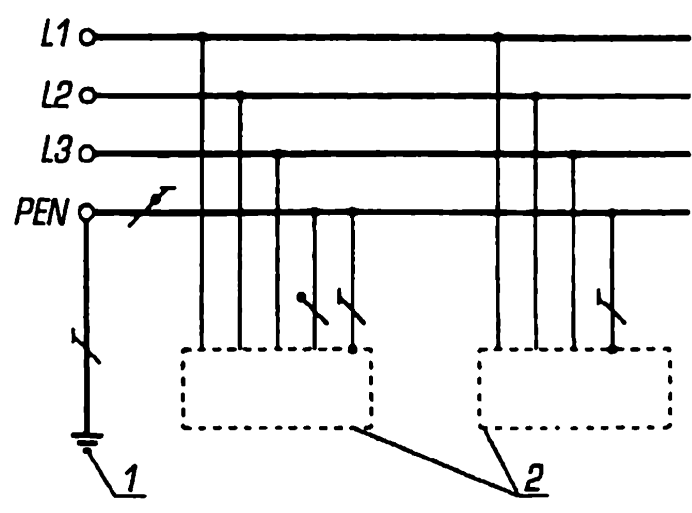


Рис. 2.40. Система TN-C (нулевой защитный и нулевой рабочий проводники объединены во всей системе)

1 — заземление источника питания;
2 — открытые проводящие части

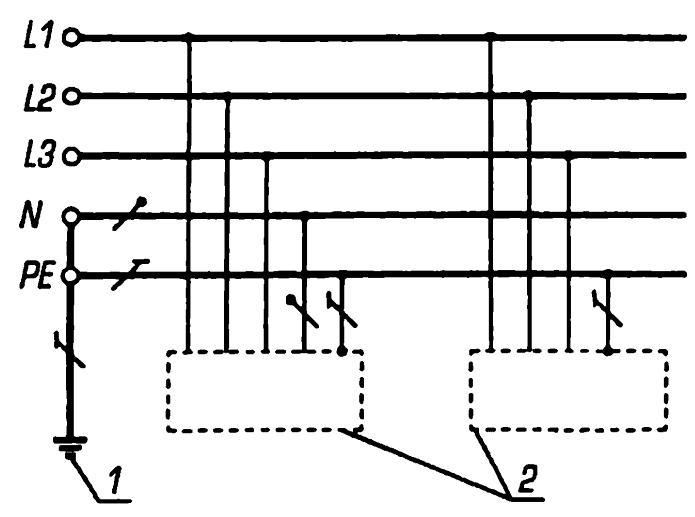


Рис. 2.41. Система TN-S (нулевой защитный и нулевой рабочий проводники работают раздельно во всей системе)

1 — заземление источника питания;
2 — открытые проводящие части

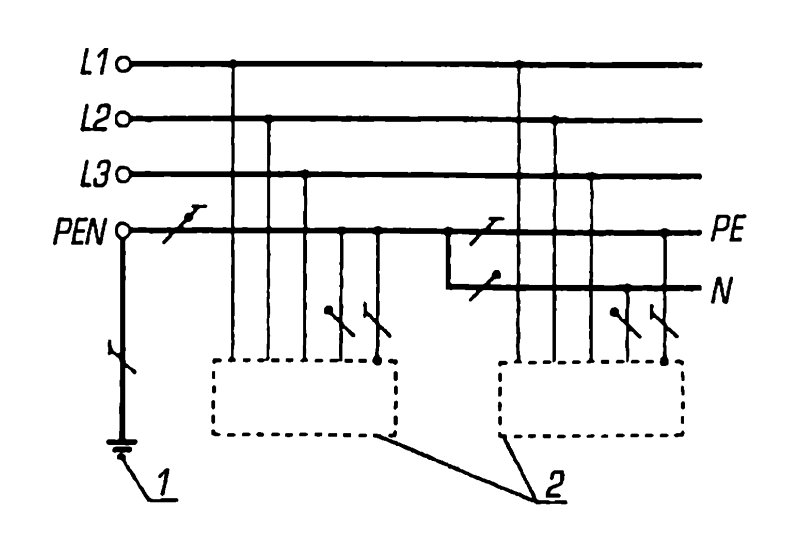


Рис. 2.42. Система TN-C-S (нулевой защитный и нулевой рабочий проводники объединены в части системы)

1 — заземление источника питания; *2* — открытые проводящие части

При типе системы заземления TT (рис. 2.43) источник питания имеет одну точку, непосредственно связанную с землей. Открытые проводящие части электроустановки здания соединяют с заземлителем, который должен быть электрически независимым от заземлителя источника питания.

При типе системы заземления IT (рис. 2.44) токоведущая часть источника питания не имеет непосредственной связи с землей или заземляется через сопротивление. Открытые проводящие части электроустановки здания заземлены.

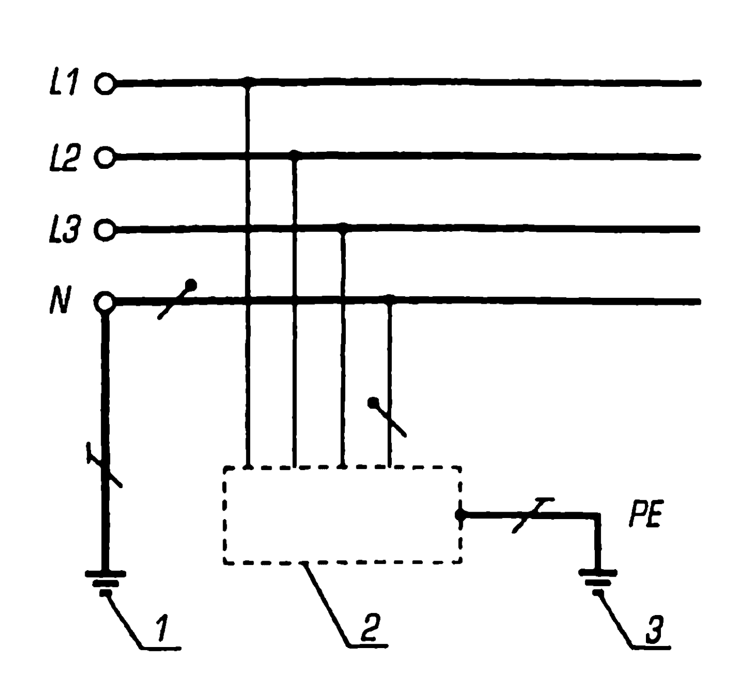


Рис. 2.43. Система TT

1 — заземление источника питания; *2* — открытые проводящие части; *3* — заземление корпусов электрооборудования

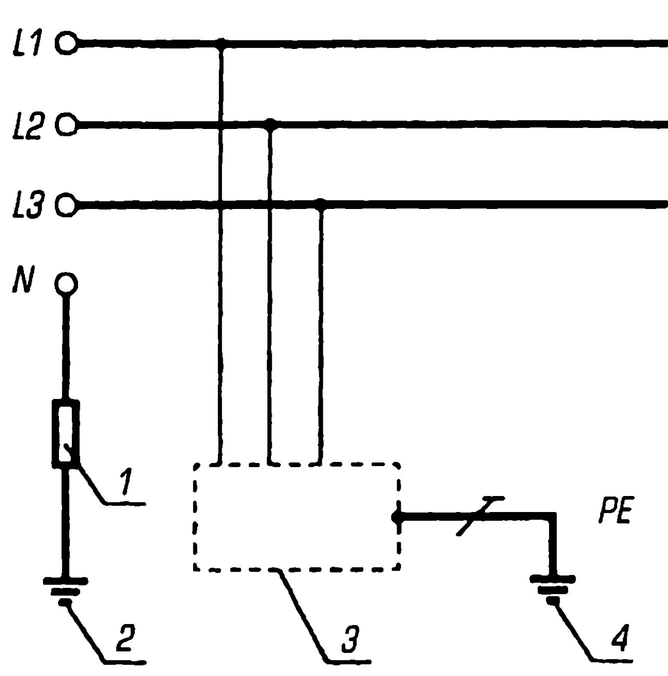


Рис. 2.44. Система IT

1 — сопротивление; *2* — заземление источника питания; *3* — открытые проводящие части; *4* — заземление корпусов электрооборудования

Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током

ГОСТ Р МЭК 536—94 определяет классы оборудования.

Разделение на классы отражает не уровень безопасности оборудования, а лишь указывает на то, каким способом осуществляется защита от поражения электрическим током.

1. Оборудование класса 0.

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т. п.).

2. Оборудование класса I.

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты.

Примечания:

— у оборудования, предназначенного для использования с гибким кабелем, к этим средствам относится защитный проводник, являющийся частью гибкого кабеля;

— если стандарты на оборудование конкретных видов допускают, чтобы оборудование, конструкция которого относится к классу I, было снабжено гибким кабелем с двумя проводниками, имеющими на конце вилку, которая не может быть введена в розетку с защитным контактом, то защита такого оборудования обеспечивается основной изоляцией. При этом оборудование должно быть снабжено зажимом для подключения защитного проводника.

3. Оборудование класса II.

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции.

В оборудовании класса II отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

— оборудование класса III допускается снабжать устройством заземления в функциональных целях, отличающимся от устройства заземления, применяемого в защитных целях, при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Согласно ПУЭ при выполнении мер защиты в электроустановках до 1 кВ классы применяемого оборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током следует принимать согласно табл. 2.52.

Таблица 2.52. **Классы и условия применения электрооборудования**

Класс	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	—	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитный зажим — знак ⏚ или буквы PE, или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знак ⧈	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знак ⟨III⟩	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

В табл. 2.52 приведены классы и условия применения электрооборудования.

Ранее во всем мире применялась система *«зануления»*, основанная на соединении нетоковедущих частей (*корпусов)* оборудования с землей и заземленной нейтралью источника. ***В настоящее время*** «зануление» действует в огромном количестве электроустановок, однако его рассматривают ***как составную часть комплекса мероприятий*** под названием «защита с помощью автоматического отключения источника питания».

УЗО — эффективное электрозащитное и противопожарное средство

УЗО — это быстродействующий автоматический выключатель, реагирующий на ток утечки в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

УЗО предназначено для:

— защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования, повреждении изоляции проводников или случайном непреднамеренном контакте человека с открытыми проводящими частями электроустановки;

— предотвращения возгораний и пожаров, возникающих вследствие протекания токов утечки и развивающихся из них коротких замыканий, замыканий на корпус и замыканий на землю.

Защита от сверхтока (при применении защитного зануления) обеспечивает защиту человека при косвенном прикосновении — путем отключения автоматическими выключателями или предохранителями поврежденного участка цепи при коротком замыкании на корпус.

При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно эффективно, поэтому в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от электропоражения.

В основе действия защитного отключения, как электрозащитного средства, лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением.

В табл. 2.53 приведены технические характеристики «электромеханического» устройства защитного отключения серии АСТРО*УЗО производства ГП ОПЗ МЭИ. На все типы УЗО — А, АС и S (селективное) производитель дает гарантию 5 лет.

АСТРО*УЗО Ф-1271 типа А предназначено для комплектации бытовых электроприборов — холодильников, электроводонагревателей, фенов, стиральных и посудомоечных машин, насосов, электроинструмента и т. п.

Таблица 2.53. **Технические характеристики АСТРО*УЗО**

Наименование параметра	Номинальное значение
Номинальное напряжение U_n, В	220, 380*
Номинальная частота f_n, Гц	50
Номинальный ток нагрузки I_n, А	16, 25, 40, 63, 80, 100, 125*
Номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка) $I_{\Delta n}$, мА	10, 30, 100, 300, 500 *
Номинальный неотключающий дифф. ток $I_{\Delta n0}$	$0{,}5I\Delta n$
Предельное значение неотключающего сверхтока I_{nm}	$6I_n$
Номинальная включающая и отключающая (коммутационная) способность I_m, А	1500
Номинальная включающая и отключающая способность по дифференциальному току $I_{\Delta m}$, А	1500
Номинальный условный ток короткого замыкания (стойкость к короткому замыканию) I_{nc}, А	10000
Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания $I_{\Delta c}$, А	10000
Номинальное время отключения при номинальном дифференциальном токе T_n, не более, мс	30
Диапазон рабочих температур, °С	−25—40°
Максим. сечение подключаемых проводников, мм^2	25, 50*
Срок службы: электрических циклов, не менее механических циклов, не менее	4000 10000

* — в зависимости от модификации устройства

Технические параметры приведены в табл. 2.54.

При отсутствии фактических (замеренных) значений тока утечки в электроустановке ПУЭ предписывают принимать ток утечки электроприемников из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки цепи из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Рекомендуемые значения номинального отключающего дифференциального тока $I_{\Delta n}$ (уставки) УЗО для диапазона номинальных токов 16—100 А приведены в табл. 2.55.

Таблица 2.54. **Технические характеристики АСТРО*УЗО Ф-1271**

№	Наименование	Номинальное значение
1	Номинальное напряжение U_n, В	220 ± 22
2	Номинальный ток нагрузки I_n, А	16
3	Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$, мА	30
4	Номинальный неотключающий дифференциальный ток $I_{\Delta no}$, мА	15
5	Потребляемая мощность, не более, Вт	0,2
6	Номинальная включающая и отключающая способность I_m, А	500
7	Номинальная включающая и отключающая способность по дифференциальному току $I_{\Delta m}$, А	500
8	Номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc}, А	1000
9	Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания $I_{\Delta c}$, А	1000
10	Время отключения T_n, не более, мс	30
11	Диапазон рабочих температур, °С	−25—40
12	Максимальное сечение подключаемых проводников, мм^2	6
13	Срок службы: — электрических циклов, не менее — механических циклов, не менее	4000 10000
14	Класс защиты	IP 30

Таблица 2.55. **Номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка)**

Номинальный ток в зоне защиты, А	16	25	40	63	80—100
$I_{\Delta n}$ при работе в зоне защиты одиночного потребителя, мА	10	30	30	30	100
$I_{\Delta n}$ при работе в зоне защиты группы потребителей, мА	30	30	30 (100)	100	300
$I_{\Delta n}$ УЗО противопожарного назначения на ВРУ (ВРЩ), мА	300	300	300	300	500

В ПУЭ рекомендуется для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части на вводе в квартиру, индивидуальный дом и тому подобное установка УЗО с током срабатывания до 300 мА.

Для защиты от пожаров электрическая цепь должна быть предохранена УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не превышающим 0,5 А.

В табл. 2.56 приведены предписываемые немецкими электротехническими нормами VDE значения уставок по току утечки для различных объектов.

Таблица 2.56. **Уставки УЗО (VDE)**

Применение	Уставка $I_{\Delta n}$
Светильники, осветительные установки	≤30 мА
Ванные и душевые	≤30 мА
Крытые и открытые бассейны	≤30 мА
Строительные площадки	
Розеточные цепи (однофазные) до 16 А	≤30 мА
Прочие розеточные цепи	≤500 мА
Сельскохозяйственные электроустановки	
общие цепи	≤500 мА
розеточные цепи	≤30 мА
Помещения с электропроводящими стенами и ограниченными возможностями перемещения	≤30 мА
Пункты питания для мобильных фургонов	≤30 мА
Пожароопасные производственные помещения	≤500 мА

Применение	Уставка $I_{\Delta n}$
Передвижные жилые фургоны, катера и яхты, системы электропитания кемпинговых площадок	⩽30 мА
Летающие объекты, автомобили, жилые вагончики ($R_з \leqslant 30$ Ом)	⩽500 мА
Учебные помещения с лабораторными стендами	⩽30 мА
Системы резервированного питания ($R_з \leqslant 100$ Ом)	⩽500 мА
Сырые и влажные помещения	
Открытые установки: розеточные цепи до 32 А	⩽30 мА
Фонтаны	⩽30 мА
Дополнительная защита от прямого прикосновения в жилых помещениях	⩽30 мА
Розеточные цепи в открытых электроустановках	⩽30 мА
Медицинские помещения	
при $I_n \leqslant 63$ А	$I_{\Delta n} \leqslant 30$ мА
при $I_n > 63$ А	$I_{\Delta n} \leqslant 300$ мА
Подземные сооружения	⩽500 мА
Электросварочные установки, оборудование дуговой сварки	⩽30 мА
Установки точечной сварки	свободный выбор
Распределительные щиты на стройплощадках	⩽500 мА
Устройства регулирования уличного движения, светофоры ($I_n \leqslant 25$ А)	⩽500 мА

Временные характеристики УЗО приведены в табл. 2.57.

Таблица 2.57. **Временные характеристики УЗО**

Тип УЗО	I_n, А	$I_{\Delta n}$, А	Стандартные значения времени отключения и неотключения, с, при дифференциальном токе				
			$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	500 А	
Общий	Любое значение		0,3	0,15	0,04	0,04	Максимальное время отключения
			0,5	0,2	0,15	0,15	
S*	⩾ 25	> 30	0,13	0,06	0,05	0,04	Минимальное время неотключения

*S — селективное УЗО.

Таблица 2.58. **Допустимые воздушные зазоры и расстояния утечки УЗО**

Наименование	Значение, мм, не менее
Воздушные зазоры:	
1) между находящимися под напряжением частями, разъединенными, когда УЗО разомкнуто	3
2) между находящимися под напряжением частями различной полярности	3
3) между находящимися под напряжением частями и:	
— поверхностью, на которой монтируется основание	6
— винтами и другими средствами крепления крышек, которые должны удаляться при монтаже УЗО	6
— прочими доступными металлическими частями	3
Расстояния утечки:	
1) между находящимися под напряжением частями, разъединенными, когда УЗО замкнуто	3
2) между находящимися под напряжением частями различной полярности	4
3) между токоведущими частями и:	
— винтами и другими средствами крепления крышек, которые должны удаляться при монтаже	3
— доступными металлическими частями	3

Допустимые воздушные зазоры и расстояния утечки УЗО приведены в табл. 2.58.

Время срабатывания и ток срабатывания УЗО при частотах переменного тока 50; 200; 400 Гц приведены в табл. 2.59.

ГП ОПЗ МЭИ выпускает АСТРО*УЗО на большие токи нагрузки в комплекте: выносной дифференциальный трансформатор и дифференциальное реле. Технические параметры его приведены в табл. 2.60.

Таблица 2.59. **Время и ток срабатывания УЗО**

Параметры	Частота тока, Гц		
	50	200	400
Номинальный отключающий дифференциальный ток, А, не более	0,050	0,015	0,015
Время срабатывания, с, не более	0,05	0,05	0,05

Таблица 2.60. **Технические параметры АСТРО*УЗО на большие токи нагрузки**

№	Наименование	Номинальное значение
1	Номинальное напряжение U_n, В	220/380
2	Номинальный ток нагрузки дифференциального реле I_n, А	25
3	Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$, мА	300, 500
4	Номинальный неотключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n0}$	$0{,}5I_{\Delta n}$
5	Время отключения при номинальном дифференциальном токе (без учета времени срабатывания контактора) T_n, не более, мс	30
6	Диаметр окна выносного дифференциального трансформатора, мм	60
7	Диапазон рабочих температур, °С	−25—40
8	Максимальное сечение подключаемых проводников к дифференциальному реле, мм^2	25
9	Срок службы: — электрических циклов, не менее — механических циклов, не менее	 10000 10000

Ниже приведены примеры схем включения УЗО (рис. 2.45—2.52).

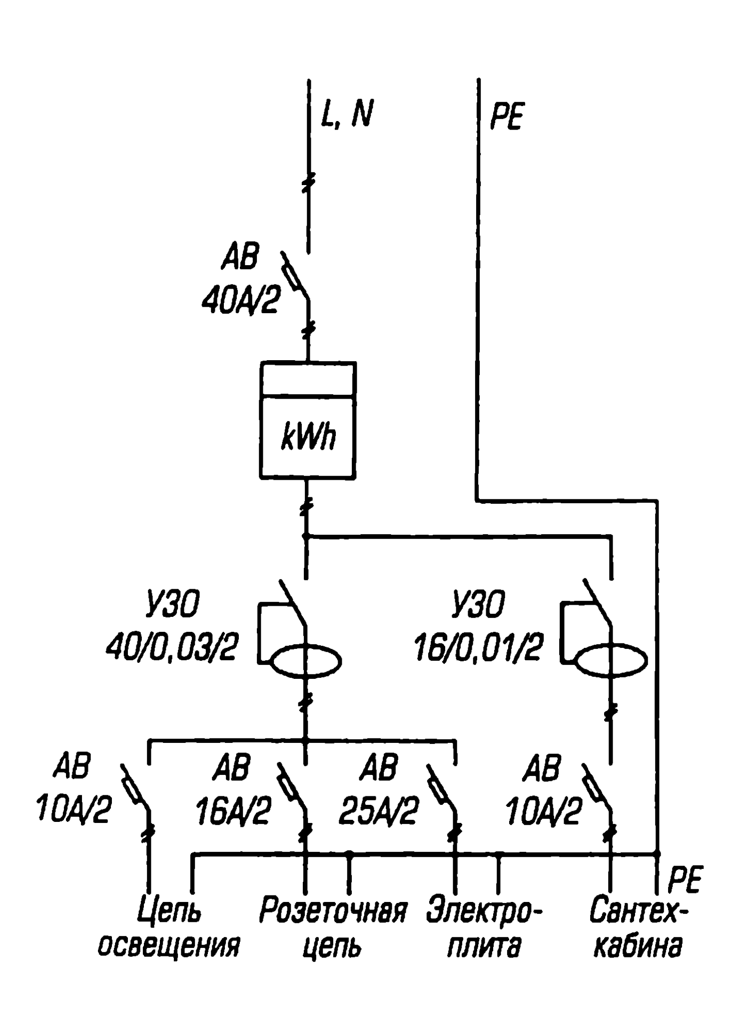


Рис. 2.45. Схема электроснабжения квартиры с системой TN-S

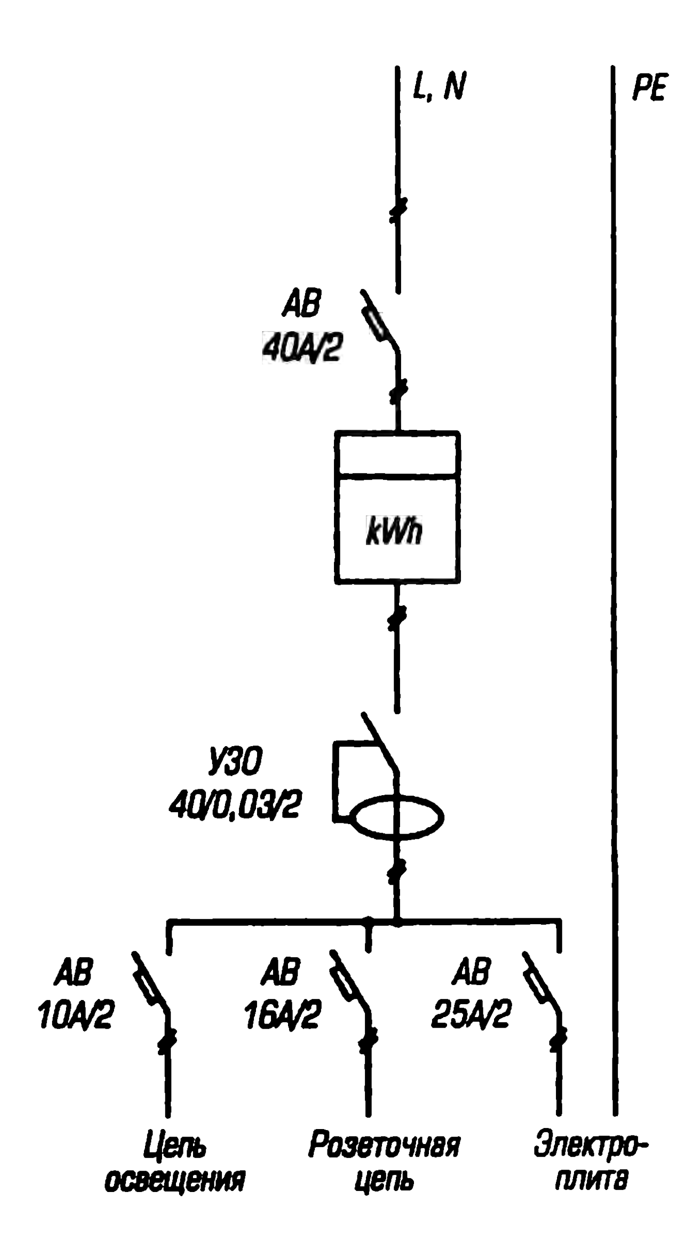


Рис. 2.46. Схема электроснабжения квартиры при отсутствии защитного проводника PE в розеточной цепи и цепи освещения

Рекомендуемое временное решение для старого жилого фонда

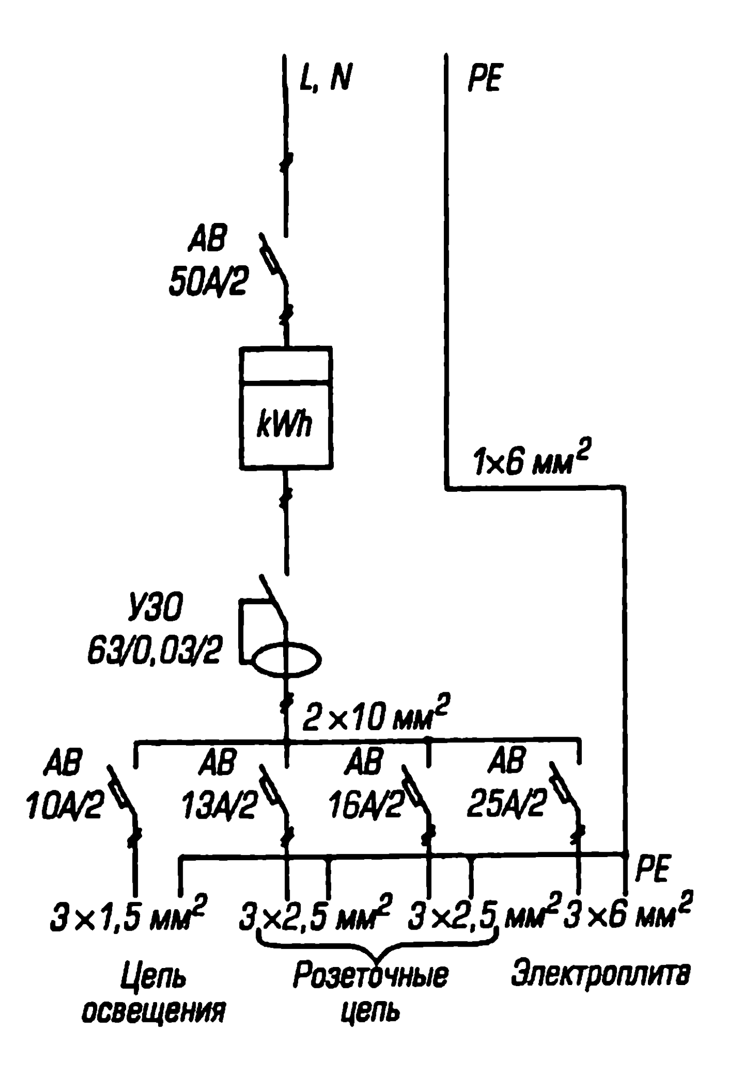


Рис. 2.47. Схема электроснабжения квартиры с электроплитой и рекомендуемыми сечениями медных проводников

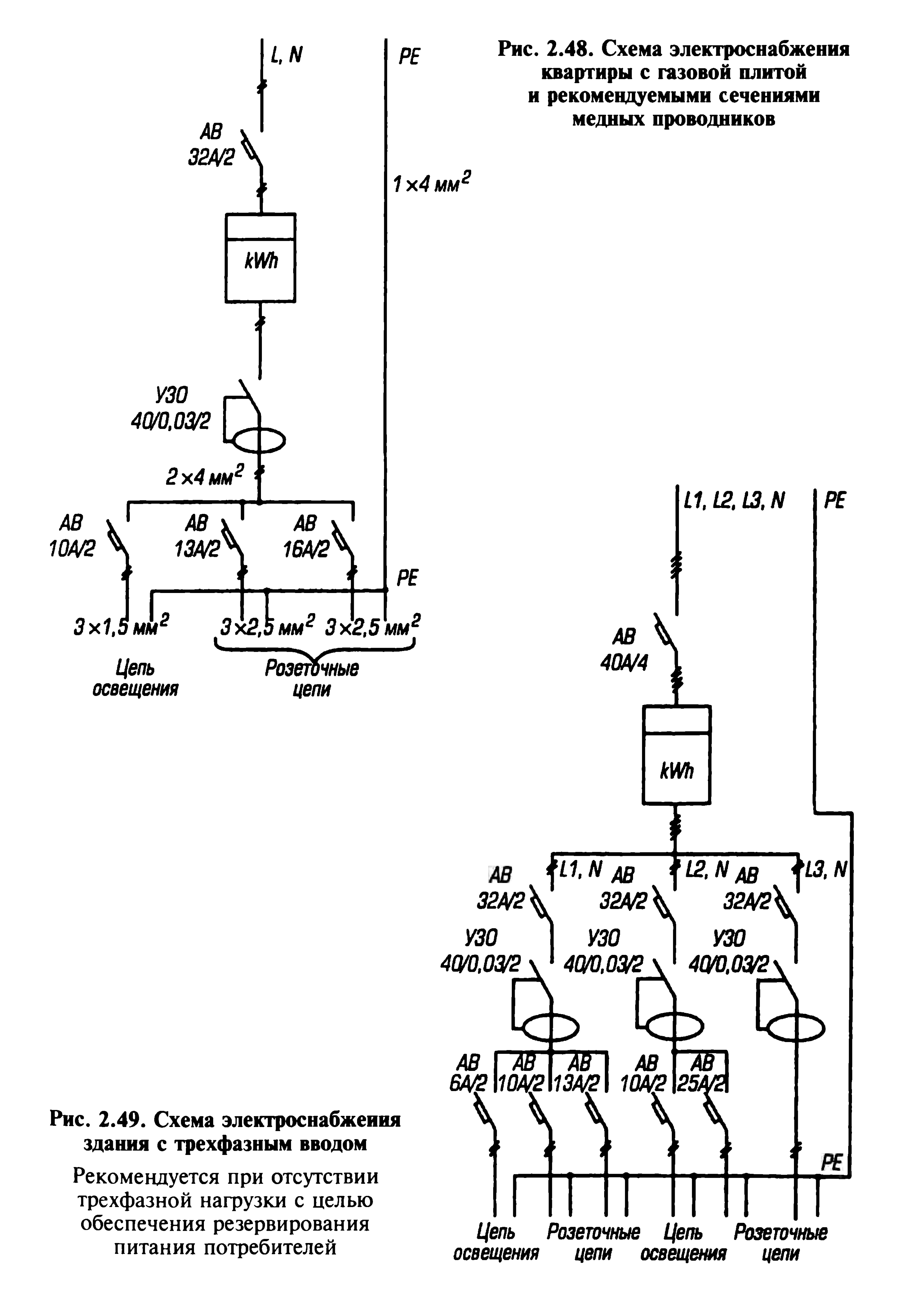


Рис. 2.48. Схема электроснабжения квартиры с газовой плитой и рекомендуемыми сечениями медных проводников

Рис. 2.49. Схема электроснабжения здания с трехфазным вводом

Рекомендуется при отсутствии трехфазной нагрузки с целью обеспечения резервирования питания потребителей

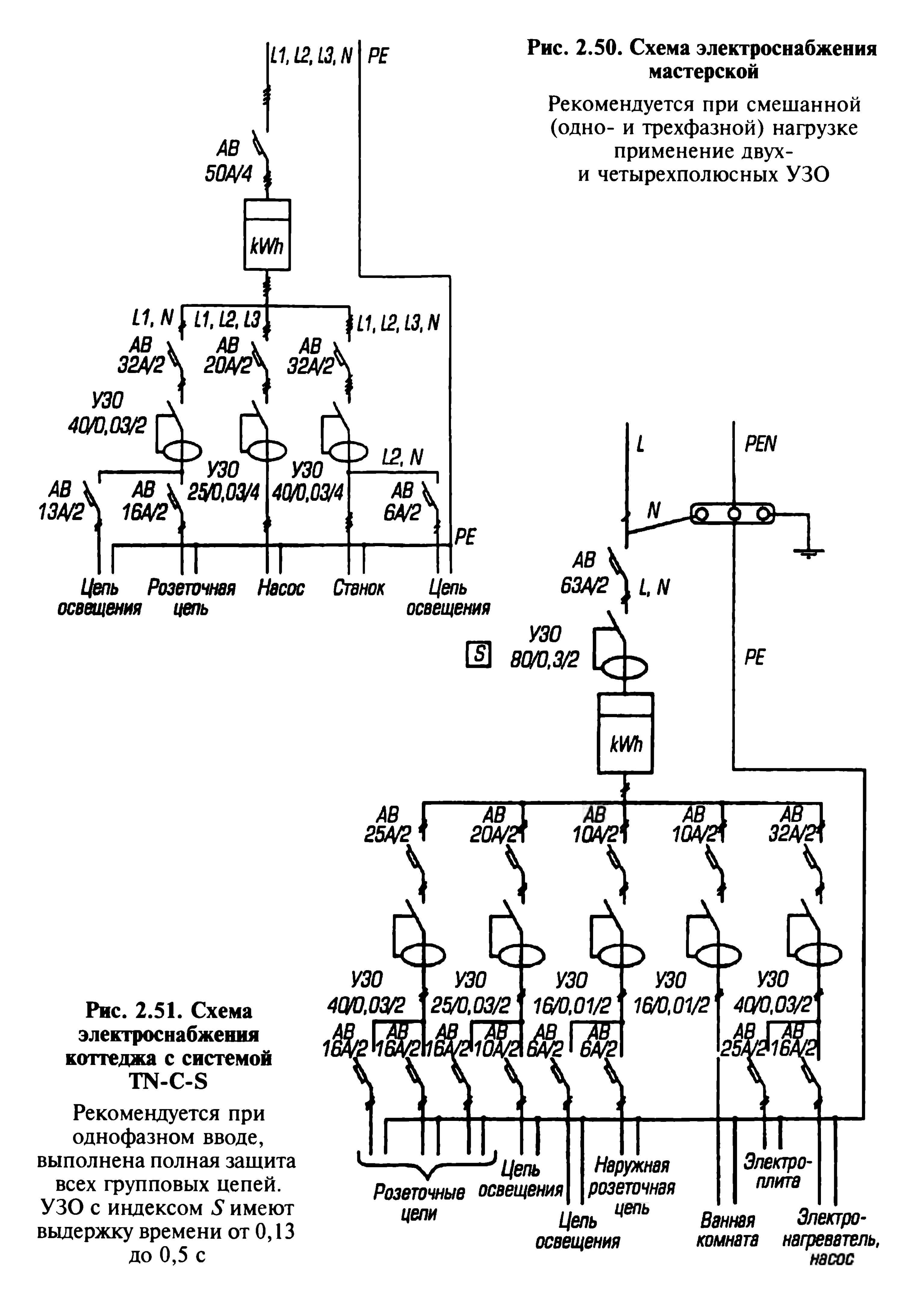


Рис. 2.50. Схема электроснабжения мастерской

Рекомендуется при смешанной (одно- и трехфазной) нагрузке применение двух- и четырехполюсных УЗО

Рис. 2.51. Схема электроснабжения коттеджа с системой TN-C-S

Рекомендуется при однофазном вводе, выполнена полная защита всех групповых цепей. УЗО с индексом *S* имеют выдержку времени от 0,13 до 0,5 с

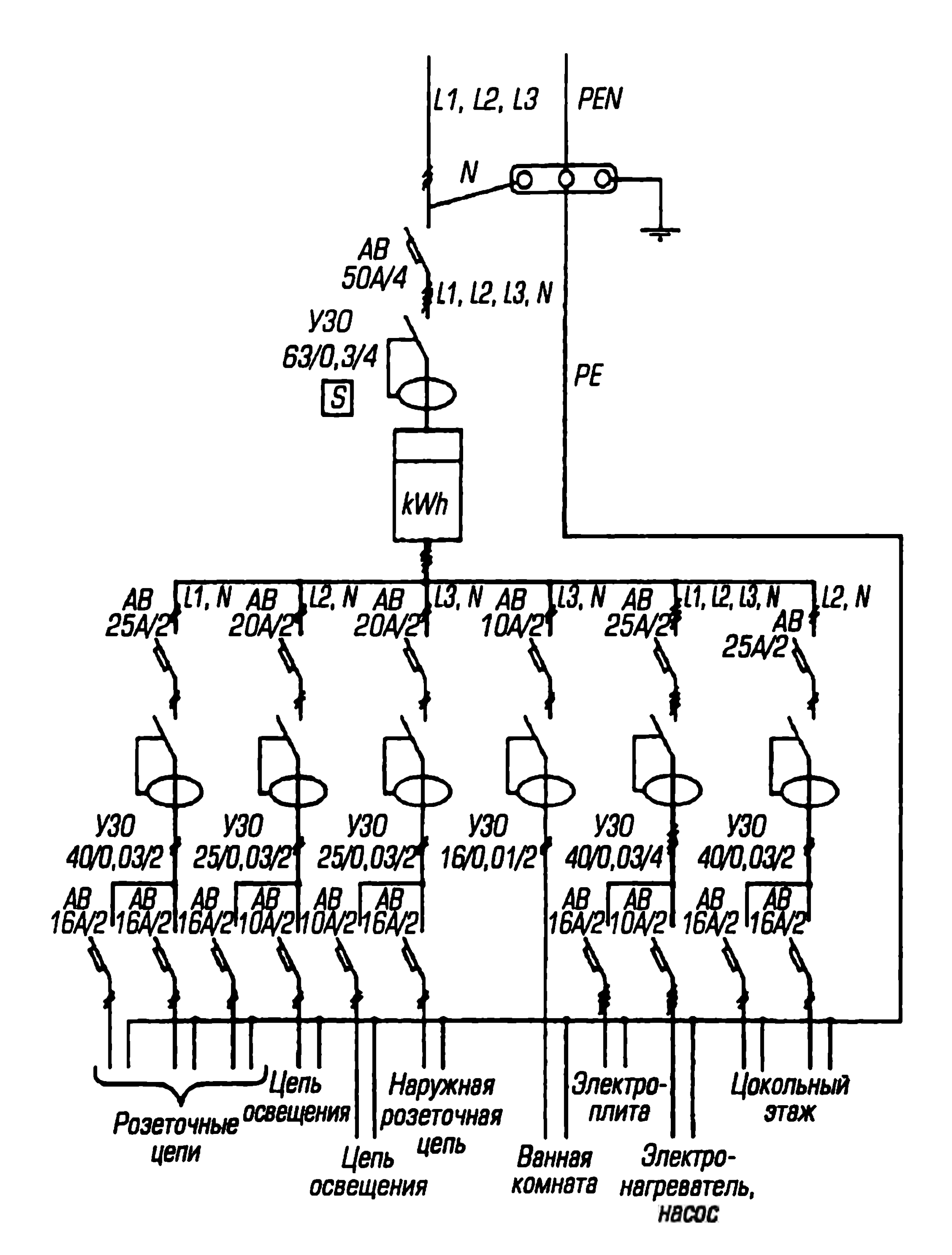


Рис. 2.52. Схема электроснабжения коттеджа с системой TN-C-S

Рекомендуется при трехфазном вводе, применены двух- и четырехполюсные УЗО

Типичные ошибки при монтаже УЗО

Наиболее распространенной ошибкой при монтаже УЗО является подключение к УЗО нагрузки, в цепи которой имеется соединение нулевого рабочего проводника *N* с открытыми проводящими частями электроустановки или соединение с нулевым защитным проводником PE (рис. 2.53, *а*). В этом случае довольно высока вероятность «ложного» срабатывания УЗО.

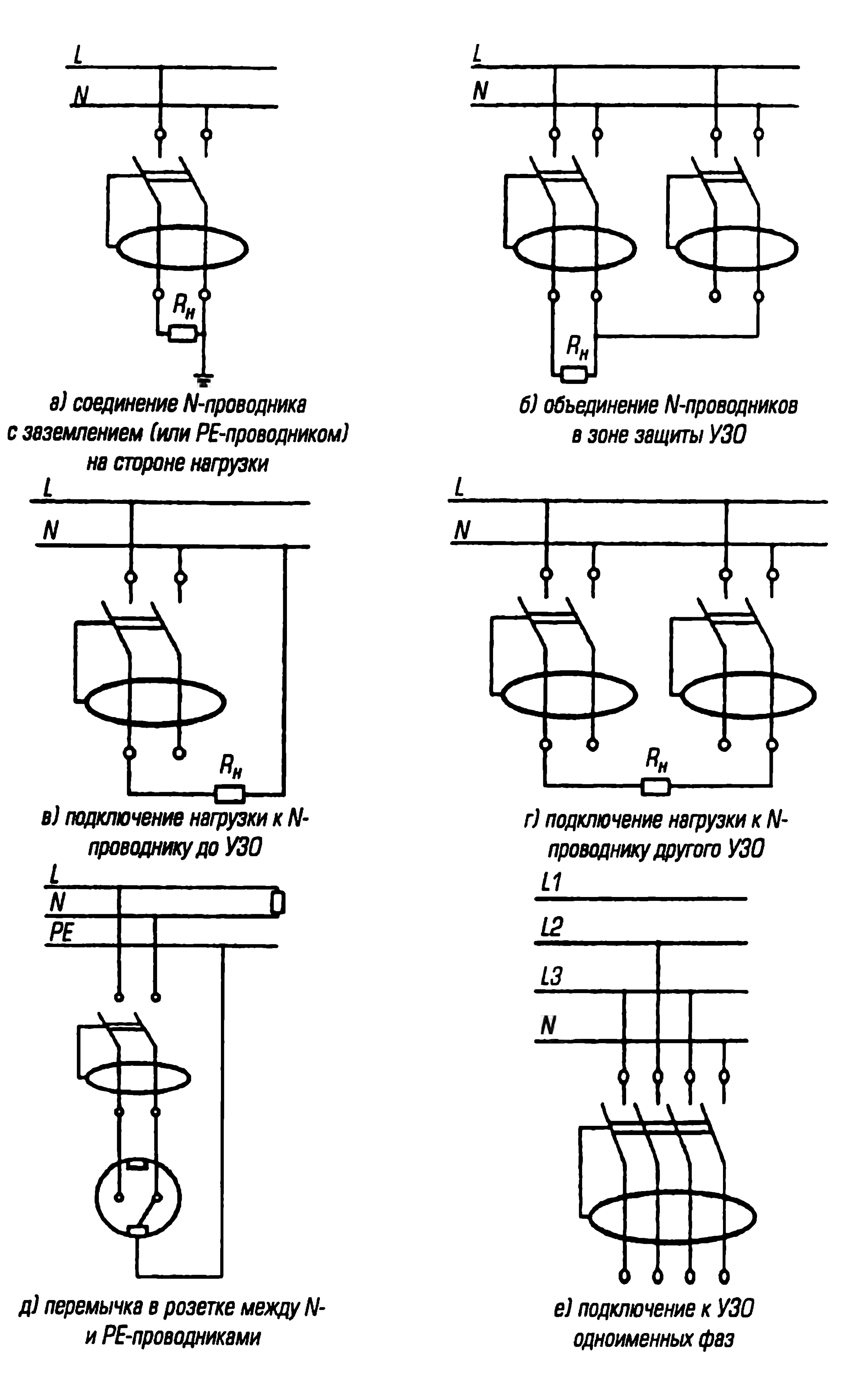


Рис. 2.53. Типичные ошибки при монтаже УЗО

При монтаже УЗО или проведении модернизации распределительных щитков с применением УЗО возможны следующие ошибки:

— объединение нулевых рабочих проводников *N* различных УЗО в зоне их защиты (при этом ток нагрузки является дифференциальным для обоих УЗО и одно из них или оба срабатывают (рис 2.53, *б*);

— подключение нагрузки к нулевому рабочему проводнику *N* до УЗО (в этом случае ток нагрузки будет дифференциальным для УЗО и оно сработает) (рис. 2.53, *в*);

— подключение нагрузки к нулевому рабочему проводнику *N* другого УЗО (при этом ток нагрузки является дифференциальным для обоих УЗО и одно из них или оба срабатывают) (рис. 2.53, *г*).

При монтаже розеток или распаечных коробок электроустановки в зоне защиты УЗО случайное соединение нулевого рабочего проводника *N* с защитным проводником РЕ вызывает срабатывание УЗО (рис. 2.53, *д*);

— при подключении нагрузки к розетке (случай аналогичен п. 1);

— при подключении любой нагрузки вне зоны защиты УЗО (по перемычке течет дифференциальный ток).

При подключении четырехполюсных УЗО возможно ошибочное подключение на его клеммы одноименных фаз (это не влияет на работу однофазных потребителей) (рис. 2.53, *е*). В этом случае проверка работоспособности УЗО с помощью кнопки «Тест» недостоверна, поскольку несрабатывание УЗО не означает, что оно неработоспособно.

При подключении четырехполюсных УЗО в однофазную сеть, в некоторых случаях, когда не принимается во внимание схема внутренних соединений УЗО, также возможно несрабатывание устройства при нажатии кнопки «Тест».

Область применения УЗО

Область применения УЗО — это электроустановки:

общественных зданий — детских дошкольных учреждений, школ, профессионально-технических, средних, специальных и высших учебных заведений, гостиниц, медицинских учрежде-

ний, больниц, санаториев, мотелей, библиотек, крытых и открытых спортивных и физкультурно-оздоровительных учреждений, бассейнов, саун, театров, клубов, кинотеатров, магазинов, предприятий общественного питания и бытового обслуживания, торговых павильонов, киосков и т. п.;

жилых зданий — индивидуальных и многоквартирных, коттеджей, дач, садовых домиков, общежитий, бытовых помещений и т. п.;

административных зданий, производственных помещений — мастерских, АЗС, автомоек, ангаров, гаражей, складских помещений и т. д.;

промышленных предприятий — по производству и распределению электроэнергии, железнодорожных предприятий, горной, нефтедобывающей, сталеплавильной, химической промышленности, взрывоопасного производства и мн. др.

Предельно допустимое напряжение прикосновения в нормальном (неаварийном) режиме электроустановки не должно превышать 2 В.

Предельно допустимый ток частотой 50 Гц, протекающий через тело человека не должен превышать 0,3 мА.

Предельно допустимые значения переменного тока частотой 50 Гц через тело человека в аварийном режиме бытовых электроустановок не должны превышать указанных в табл. 2.61.

Таблица 2.61. **Предельно допустимые значения переменного тока через тело человека (бытовые электроустановки)**

t, с	0,01—0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	св. 1,0
I, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

Предельно допустимые значения токов через тело человека в аварийном режиме производственных электроустановок не должны превышать указанных в табл. 2.62.

Дифференциальный автомат ИЭК АД-12 состоит из двухполюсного выключателя ИЭК ВА47-29 и электронного УЗО.

Дифференциальный автомат защищает электроцепи от токов перегрузки, КЗ и токов утечки (или повреждений изоляции), а также человека от поражения электротоком при прямых (30 мА) или косвенных (100 мА) контактах с токоведущими частями. В табл. 2.64 приведены технические характеристики УЗО.

Таблица 2.62. **Предельно допустимые значения тока (промышленные электроустановки) через тело человека**

t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	св. 1,0
переменный ток 50 Гц												
I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
выпрямленный однополупериодный ток (амплитудное значение)												
I, мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	–
выпрямленный двухполупериодный ток (амплитудное значение)												
I, мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	–

Таблица 2.63. **Технические характеристики УЗО ИЭК**

Параметры	Значения параметров		
Номинальное рабочее напряжение, В	230/400		
Рабочая частота, Гц	50		
Количество полюсов	2р	4р	
Номинальный ток, А	16÷100	16÷100	
Ток утечки $I_{ут}$ (отключающий дифференциальный ток), мА	10÷300	30÷500	
Неотключающий дифференциальный ток, мА	$0,5I_{ут}$		
Время срабатывания от тока утечки, с	$I_{ут}$	$2I_{ут}$	$5I_{ут}$
	0,2	0,1	0,027
Коммутационная способность, А	1500		
Механоизносостойкость	10000 операций переключения		
Электроизносостойкость	4000 операций переключения		

Таблица 2.64. **Технические характеристики УЗО**

Параметры	Значения параметров	
Номинальное рабочее напряжение, В	240/415	
Рабочая частота, Гц	50	
Количество полюсов	2	4
Номинальный ток, А	10÷63	16÷63
Отключающий дифференциальный ток, мА	10, 30, 100	30, 100
Номинальная отключающая способность, А	4500	
Механоизносостойкость	10000	
Электроизносостойкость	4000	

2.23. Выбор плавких предохранителей и автоматических выключателей (примеры расчета)

Пример 9. Магистральная линия силовой сети промышленного предприятия напряжением 380/220 В питает группу электродвигателей. Линия прокладывается в помещении бронированным трехжильным кабелем с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией при температуре окружающей среды 25 °С. Длительный расчетный ток линии составляет 100 А, а кратковременный ток при пуске двигателей 500 А; пуск легкий.

Определить номинальный ток плавких вставок предохранителей типа ПН2, защищающих линию, и выбрать сечение кабеля для следующих условий:

а) производственное помещение невзрывоопасное и непожароопасное, линия должна быть защищена от перегрузки;

б) помещение пожароопасное, линия должна быть защищена от перегрузки;

в) линия должна быть защищена только от токов КЗ.

Решение. Определяем величину номинального тока плавких вставок предохранителей, защищающих линию, по длительному току: $I_{вст}$ = 100 А; по кратковременному току: $I_{вст}$ = 500/2,5 = = 200 А. Предохранитель типа ПН2-250 с плавкой вставкой на 200 А.

1. Для кабеля с бумажной изоляцией, защищаемого от перегрузки и проходящего в невзрывоопасном и непожароопасном помещении, значение коэффициента защиты (табл. 2.66) $k_з = 1$. При этом длительно допустимая токовая нагрузка на кабель $I_{доп} = k_з I_з = 1 \cdot 200 = 200$ А.

Подбираем трехжильный кабель на напряжение до 3 кВ с алюминиевыми жилами сечением 120 мм^2 для прокладки на воздухе, для которого допустимая нагрузка $I_{доп}$ = 220 А.

2. Для кабеля, проходящего в пожароопасном помещении и защищаемого от перегрузки (табл. 2.67), $k_з = 1,25$; тогда $I_{доп} = 1,25 I_з = 1,25 \cdot 200 = 250$ А. В этом случае сечение кабеля принимаем равным 150 мм^2, $I_{доп}$ = 255 А.

3. Для кабеля, защищаемого только от токов КЗ, получим при $k_з = 0,33$ допустимый ток $I_{доп} = 0,33 I_{вст} = 0,33 \cdot 200 = 66$ А, что соответствует сечению кабеля 50 мм^2 и $I_{доп}$ = 120.

Пример 10. От шин главного распределительного щита (рис. 2.54) получает питание силовой распределительный щит с автоматическими выключателями, к которому присоединяются шесть асинхронных электродвигателей (*1—6*) с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели *3* и *4* установлены во взрывоопасном помещении класса В1а, остальные электродвигатели, распределительные пункты и пусковая аппаратура — в помещении с нормальной средой. Технические данные электродвигателей приведены в табл. 2.65.

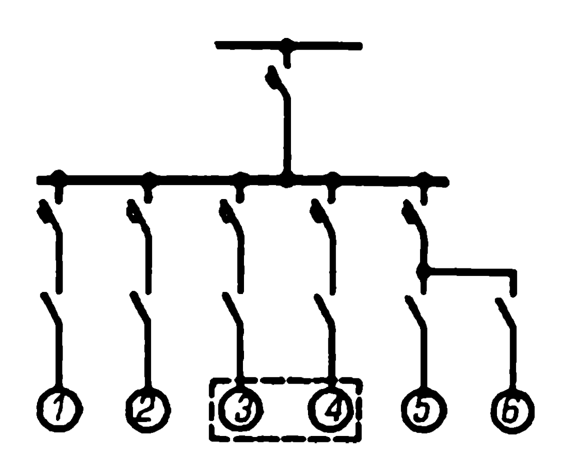


Рис. 2.54. Схема к примеру 10

Режим работы двигателей исключает возможность длительных перегрузок, условия пуска легкие, самозапуск крупных двигателей исключен. Один из двигателей (*1* или *2*) находится в резерве, остальные двигатели могут работать одновременно.

Требуется определить номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и выбрать сечения проводов и кабеля из условий нагрева и соответствия токам расцепителей.

Решение. Так как температура воздуха в помещениях равна 25 °С, то поправочный коэффициент $k_п = 1$, что учитывается при выборе сечений проводов и кабеля.

Линия к электродвигателю *1* (или *2*). Выбираем комбинированный расцепитель (автоматический выключатель типа А3710Б на 160 А) по длительному току линии $I_{дл} = 73,1$ А, равному в данном случае номинальному току электродвигателей (табл. 2.65).

Таблица 2.65. **Технические данные электродвигателей**

Номер двигателя	Тип	Номинальная мощность, кВт	Номинальный ток, А	Кратность пускового тока	Пусковой ток, А
1	АО-82-4	40	73,1	6,0	437
2	АО-82-4	40	73,1	6,0	437
3	ВАО-72	30	69,0	6,5	448
4	ВАО-41	4	10,5	5,0	52,5
5	АО-51-4	4,5	7,7	6,0	46,2
6	АО-51-4	4,5	7,7	6,0	46,2

Таблица 2.66. **Расчетные данные примера**

Линия	Расчетный ток линии, А		Номинальный ток расцепителя, А		Уставка тока мгновенного срабатывания, А		Коэффициент защиты $k_з$	Допустимая токовая нагрузка на провод (кабель), А		Марка и сечение провода (кабеля), мм^2
	$I_{дл}$	$I_{кр}$	$I_{рас}$	$I_{пр}$	$I_{рас}$	$I_{пр}$		$I_{рас}$	$I_{пр}$	
К двигателю 1, 2	73,1	437	86	100	550	800	1	100	130	АПРТО-3 (1×50)
К двигателю 3:										
1) от силового пункта к пускателю	69	448	81,5	100	560	800	1	100	130	АПРТО-3 (1×50)
2) от пускателя к двигателю	86,3	—	—	—	—	—	1	100	100	ПРТО-3 (1×25)
К двигателю 4:										
1) от силового пункта к пускателю	10,5	46,2	12,4	15	58	430	1	15	19	АПРТО-3 (1×2,5)
2) от пускателя к двигателю	13,1	—	—	—	—	—	1	15	25	ПРТО-3 (1×2,5)
К двигателям 5, 6	15,4	87,6	18	20	110	430	1	20	32	АПРТО-3 (1×4)
Магистраль от РП до РЩ	168	547	168	250	682	1600	0,66	168	190	ААБГ-3 × 95

Примечания: 1. К двигателям 4, 5 и 6 устанавливается автоматический выключатель типа А3710Б.
2. Обозначения токов: $I_{дл}$, $I_{кр}$, $I_{рас}$, $I_{пр}$ — соответственно длительный, кратковременный, расчетный и принятый.

Таблица 2.67. **Значение коэффициента защиты $k_з$**

Ток и тип защитного аппарата	Коэффициенты защиты $k_з$ или кратность длительно допустимых токов для сетей			
	при обязательной защите от перегрузки			не требующих защиты от перегрузки
	провода с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией		кабели с бумажной изоляцией	
	взрыво- и пожароопасные помещения, жилые, торговые помещения и т. п.	невзрыво- и непожароопасные производственные помещения промышленных предприятий		
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей	1,25	1,0	1,0	0,33
Ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель	1,25	1,0	1,0	0,22
Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)	1,0	1,0	1,0	1,0
Ток трогания расцепителя автоматического включателя с регулируемой, обратно зависимой от тока характеристикой (при наличии на автоматическом выключателе отсечки ее кратность тока не ограничивается)	1,0	1,0	0,8	0,66

Примечание. Коэффициенты защиты могут выражаться в процентах.

При выборе номинального тока электромагнитного расцепителя автоматического выключателя, встроенного в шкаф, следует учитывать тепловой поправочный коэффициент 0,85. Таким образом, $I_{ном.эл} = 73,1/0,85 = 86$ А.

Выбираем расцепитель с номинальным током 100 А и током мгновенного срабатывания 1600 А.

Устанавливаем невозможность срабатывания автомата при пуске: $I_{ср.эл} = 1,25 \cdot 437 = 550$ А; 1600 А > 550 А.

Для линий, идущих к электродвигателям, установленным в невзрывоопасном помещении, сечения проводов подбирают по длительному току, исходя из условия $I_{доп} \geqslant I_{дл}$, с их последующей проверкой $I_{доп} \geqslant k_з I_з$. Следовательно, $I_{доп} > 73,1$ А.

Подбираем по табл. раздела 3 одножильный провод с алюминиевыми жилами марки АПРТО сечением 25 мм^2, для которого допустимая токовая нагрузка равна 80 А. Проверяем выбранное сечение по коэффициенту защиты аппарата. Так как в автоматических выключателях серии А3700 ток уставки не регулируется, то кратность допустимого тока линии должна определяться по отношению к номинальному току расцепителя, в данном случае равному $I_з = 100$ А. Находим значение $k_з$ для сетей, не требующих защиты от перегрузки для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (табл. раздела 3) $k_з = 1$.

Подставляя числовые значения в соотношение $k_з I_з = 1 \cdot 100 = 100$ А $> I_{доп} = 80$ А, находим, что требуемое условие не выполняется.

Поэтому окончательно выбираем сечение провода равным 50 мм^2/$I_{доп} = 130$ А, для которого условие $I_{доп} \geqslant k_з I_з$ выполняется, так как 130 А > 1 · 100 А.

Для остальных линий результаты расчетов приведены в табл. 2.66 и ниже даются только пояснения, связанные с особенностями каждой линии.

Линия к электродвигателю *3*. Двигатель *3* установлен во взрывоопасном помещении класса В1а, в связи с чем: 1) за расчетный ток при выборе сечения линии принимается номинальный ток двигателя, увеличенный в 1,25 раза; 2) не разрешается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами; следовательно, линия от магнитного пускателя до электродвига-

теля должна быть выполнена проводом с медными жилами (марки ПРТО).

Линия к электродвигателю *4.* Сечение провода ПРТО от магнитного пускателя до двигателя принято равным 2,5 мм^2, так как меньшее сечение для силовых сетей во взрывоопасных помещениях не допускается ПУЭ.

Линии к электродвигателям *5* и *6.* Расчетный ток линии определяется суммой токов двигателей *5* и *6.*

Магистральная линия. Расчетная длительно допустимая токовая нагрузка линии определяется суммой токов всех электродвигателей, за исключением тока одного из электродвигателей (*1* или *2*): $I_{дл} = 73{,}1 + 69 + 10{,}5 + 2 \cdot 7{,}7 = 168$ А.

Кратковременная токовая нагрузка определяется из условий пуска двигателя 3, у которого толчок пускового тока наибольший: $I_{кр} = 448 + 73{,}1 + 10{,}5 + 2 \cdot 7{,}7 = 547$ А.

Выбираем электромагнитный расцепитель автоматического выключателя АВМ-4С на 400 А (табл. раздела 3) по длительному току линии из условия $I_{ном.а} = 400$ А $> I_{дл} = 168$ А.

Кратковременная токовая нагрузка определяется из условий пуска двигателя *3*, у которого толчок пускового тока наибольший: $I_{кр} = 448+73{,}1 + 10{,}5+ 2 \cdot 7{,}7 = 547$ А.

Выбираем ток срабатывания по шкале, зависимой от тока характеристики, 250 А и по шкале, не зависимой от тока характеристики (отсечка с выдержкой времени) 1600 А.

Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске двигателя *3* $I_{ср.эл} = 1{,}25\ I_{кр}$; $1600 > 1{,}25 \cdot 547 = 682$ А.

По длительному току линии $I_{дл} = 168$ А подбираем трехжильный кабель с алюминиевыми жилами на напряжение до 3 кВ сечением 95 мм^2, с допустимой нагрузкой 190 А.

Для сетей, не требующих защиты от перегрузки, при токе срабатывания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой, обратно зависимой от тока характеристикой $I_{ср.эл} = 250$ А и $k_з = 0{,}66$ (табл. 2.67) $I_{доп} \geqslant k_з I_з = 190 > 0{,}66 \cdot 250 = 165$ А.

Следовательно, требуемое условие выполняется.

Расчетные данные примера приведены в табл. 2.66.

2.24. Примеры светотехнического расчета

Размещение светильников в плане и в разрезе помещения (рис. 2.55) определяется следующими размерами: H — высотой помещения, $h_с$ — расстоянием светильника от перекрытия, $h_п = H - h_с$ — высотой светильника над полом, $h_р$ — высотой расчетной поверхности над полом, $h = h_п - h_р$ — расчетной высотой, L — расстоянием между соседними светильниками или рядами ламп (если по длине и ширине расстояния различны, то они обозначаются соответственно $L_а$ и $L_в$), l — расстоянием от крайних светильников или рядов светильников до стены.

Основное требование при выборе расположения светильников заключается в доступности их при обслуживании. Кроме того, размещение светильников определяется условием экономичности. Важное значение имеет отношение расстояния между светильниками или рядами светильников к расчетной высоте $\lambda = L/h$, уменьшение его приводит к удорожанию осветительной установки и усложнению ее обслуживания, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и к возрастанию расходов энергии.

Рекомендации по выбору отношения λ приведены в табл. 2.68. Значение λ принимается по указанной таблице в зависимости от типа источника света и характера светораспределения светильника.

При расположении рабочих мест рядом со стенами здания светильники следует устанавливать на расстоянии l от стены, которое принимается равным (0,3—0,5)L.

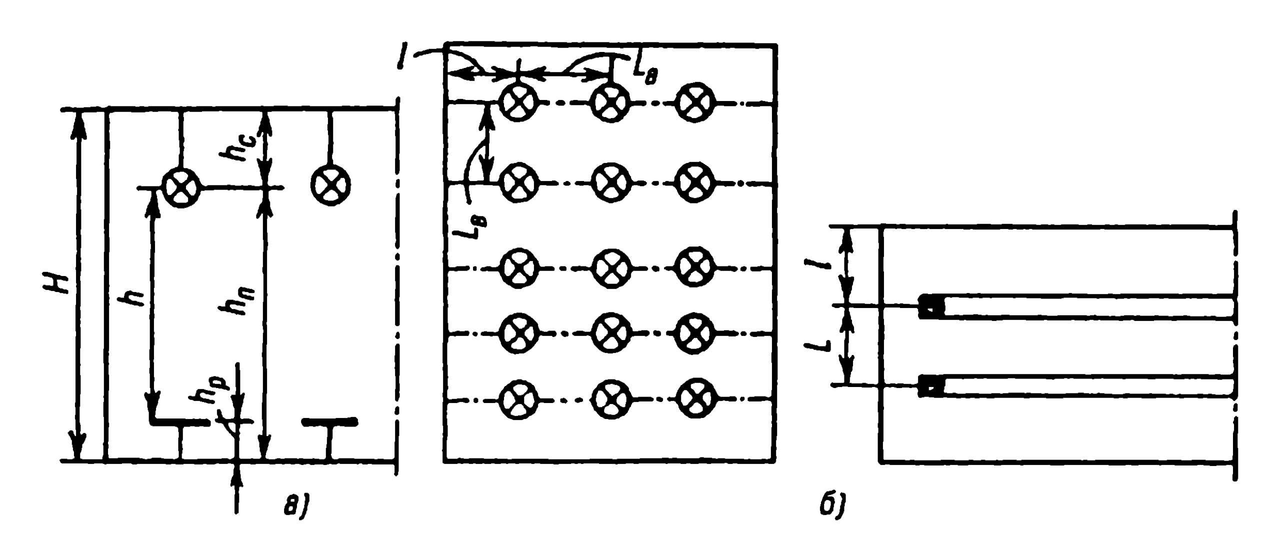


Рис. 2.55. Схема размещения светильников:

а — в разрезе; *б* — в плане

Таблица 2.68. **Рекомендуемые значения λ для светильников с типовыми кривыми**

Типовая кривая	$\lambda_С$	$\lambda_э$
Концентрированная	0,6	0,6
Глубокая	0,9	1
Косинусная	1,4	1,6
Равномерная	2	2,6
Полуширокая	1,6	1,8

Примечание. Значениями $\lambda_С$ следует пользоваться в случаях, когда увеличение λ не приводит к применению ламп с увеличенной световой отдачей (в частности, при люминесцентных лампах), значениями $\lambda_э$ — в остальных случаях.

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется устанавливать рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами (в этом случае L — расстояние между рядами).

Пример 11. Освещение инструментального цеха, размеры которого $L_ц \times B_ц \times H_ц = 60 \times 30 \times 10$ м; $h_р = 0,8$ м; $h_с = 1,2$ м, выполнено лампами типа ДРЛ в светильниках РСПО5/ГОЗ. Наметить размещение светильников в цехе.

Решение.

1. $h = H - h_р - h_с = 10 - 0,8 - 1,2 = 8$ м.

2. Для принятого светильника, имеющего глубокую кривую силы света (буква Г в обозначении светильника), находим значение $\lambda_э = L_а/h = 1$ (значение $\lambda_э$ принимается по табл. 2.68); $L_а = \lambda_э h = 1 \cdot 8 = 8$ м.

3. При $L_а = 8$ м в ряду можно разместить восемь светильников, тогда $2l = 60 - 8 \cdot 7 = 4$ м; $l = 2$ м.

4. Принимаем число светильников равным пяти, тогда $L_в = 6$ м, $L_а/L_в = 8/6 = 1,33 < 1,5$.

5. Число светильников в цехе $N = 40$. Размещение светильников представлено на рис. 2.56.

Задачей расчета осветительной установки является определение числа и мощности источника света или определение фактической освещенности, создаваемой спроектированной установкой.

Расчет освещения выполняют точечным методом или методом коэффициента использования. Метод коэффициента использова-

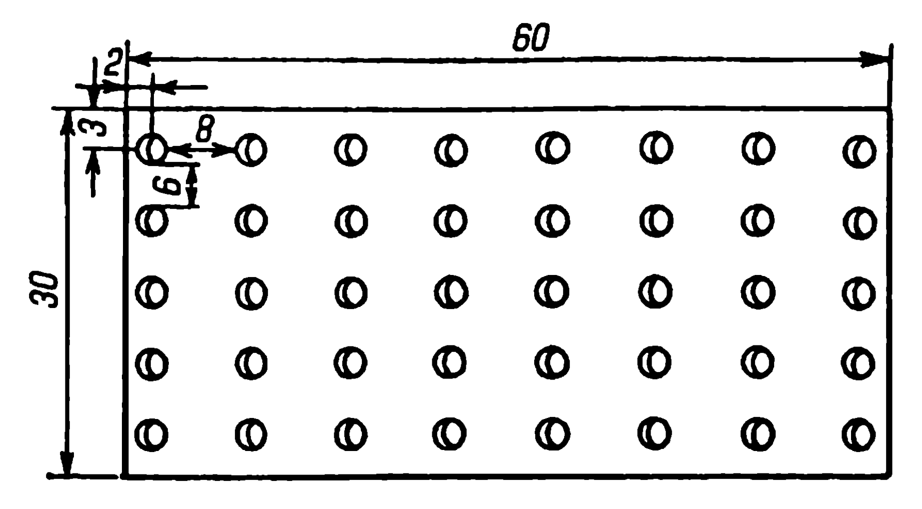


Рис. 2.56. Размещение светильников в цехе, принятое по расчетам примера 11

ния светового потока предназначен для расчета равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Для этой цели используют различные упрощенные формы этого метода. Точечный метод служит для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности.

Метод коэффициента использования. При расчете по этому методу световой поток ламп в каждом светильнике, необходимый для создания заданной минимальной освещенности (норма освещенности — $E_н$), определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_н K_{зап} F z}{N \eta},$$

где $K_{зап}$ — коэффициент запаса; F — площадь освещаемой поверхности, м^2; $z = E_{ср}/E_н$ — коэффициент минимальной освещенности (приближенно можно принимать $z = 1{,}1$ — для люминесцентных ламп, $z = 1{,}15$ — для ламп накаливания и ДРЛ); $E_{ср}$ — средняя освещенность, лк; N — число светильников (как правило, намечается до расчета); η — коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

По значению Ф выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения Ф на $-10 \div +20$ %. При невозможности выбора источника света с таким приближением корректируется число светильников.

При расчете освещения, выполненного люминесцентными лампами, чаще всего первоначально намечается число рядов n,

которое соответствует величине N. Тогда под Ф следует понимать поток ламп одного ряда.

Если световой поток ламп в каждом светильнике составляет $\Phi_{ном}$, то число светильников в ряду определяется по формуле

$$N = \Phi/\Phi_{ном}.$$

Суммарная длина N светильников сопоставляется с длиной помещения, при этом возможны следующие случаи:

1) суммарная длина светильника превышает длину помещения. В этом случае необходимо применить более мощные лампы (у которых поток на единицу длины больше) или увеличить число рядов, можно компоновать ряды из сдвоенных, строенных светильников и т. д.;

2) суммарная длина светильников равна длине помещения: задача решается установкой непрерывного ряда светильников;

3) суммарная длина ряда меньше длины помещения: принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами между светильниками. Рекомендуется, чтобы расстояние между светильниками в ряду $l_т$ не превышало $0{,}5h$.

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения i, который определяют по формуле

$$i = \frac{L_ц B_ц}{h(L_ц + B_ц)},$$

где $L_ц$ — длина помещения, м; $B_ц$ — ширина помещения, м.

Пример 12. Рассчитать освещение инструментального цеха методом коэффициента использования. Данные для расчета принять из примера 11.

Решение. 1) Принимаем $\rho_п = 0{,}7$; $\rho_{ст} = 0{,}5$; $\rho_р = 0{,}1$.

2. Индекс помещения составит

$$i = \frac{L_ц B_ц}{h(L_ц + B_ц)} = \frac{60 \cdot 30}{8(60 + 30)} = 2{,}5.$$

3. Из таблиц справочника по светотехнике находим $\eta = 0{,}63$.

4. По формуле для Ф при $E_н$ = 300 лк и $K_{зап}$ = 1,5 ($E_н$ и $K_{зап}$ приняты из справочника по светотехнике) находим:

$$Ф = \frac{E_н K_{зап} F z}{N\eta} = \frac{300 \cdot 1{,}5 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 1{,}15}{40 \cdot 0{,}63} = 36964{,}0 \text{ лм}.$$

По Ф подбираем лампу типа ДРЛ мощностью 700 Вт со световым потоком $Ф_{ном}$ = 35000 лм ($Ф_{ном}$ отличается от Ф на 5,6 %, что допустимо).

2.25. Пример расчета заземляющего устройства

Ниже приведен расчет контурного заземляющего устройства. Исходные данные для расчета.

1) Характеристика установки: электроустановка напряжением $U_{ном}$ = 10 кВ. Наибольший ток через заземление при замыканиях на землю на стороне 10 кВ составляет 1,24 кА.

2) Периметр сооружения P = 60 м.

3) В качестве вертикальных электродов выбираем уголок (размеры сторон соответственно 60 · 60 мм) длиной 2 м, который погружаем ниже уровня земли на 0,7 м. При таком способе погружения сопротивление заземления относительно стабильно, так как заземлитель соприкасается со слоями грунта, в которых относительно малы изменения влажности и температуры в течение года. В качестве горизонтальных электродов выбираем полосы 40 · 4 мм^2, приваренные к верхним концам уголков.

4) Грунт в месте сооружения РП — суглинок (удельное сопротивление суглинка 100 Ом · м; климатическая зона — 3).

5) В качестве естественных заземлителей РП используем железобетонные конструкции сооружений, имеющие надежное соединение с землей и с сопротивлением растеканию 0,8 Ом.

Используя исходные данные, рассчитаем заземляющее устройство.

Расположение вертикального заземлителя ниже уровня земли (рис. 2.57).

а) Для стороны 10 кВ в соответствии с ПУЭ наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства для электроустановок напряжением выше 1 кВ и с токами замыкания на землю ⩾500 А составляет $R_з$ = 0,5 Ом.

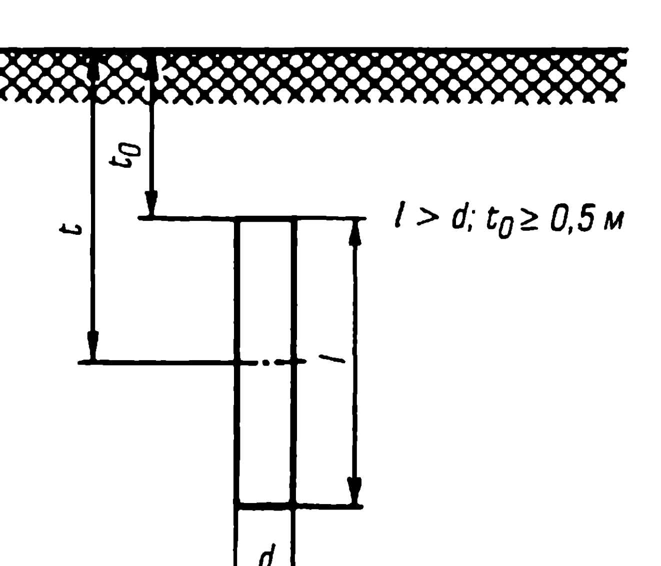


Рис. 2.57. Одиночный вертикальный заземлитель с расположением его верхнего конца ниже уровня земли:

t_0 — расстояние от уровня земли до верхнего конца электрода, м; t — расстояние от уровня земли до горизонтальной оси электрода, м; l — длина электрода, м; d — диаметр электрода, м

б) Сопротивление искусственного заземлителя рассчитываем с учетом использования естественного заземлителя, включенного параллельно:

$$1/R_{\text{и}} = 1/R_{\text{з}} - 1/R_{\text{e}},$$

где $R_{\text{з}}$ — расчетное сопротивление заземляющего устройства по ПУЭ; $R_{\text{и}}$ — сопротивление искусственного заземлителя; R_{e} — сопротивление естественного заземлителя.

На основании имеющихся данных записываем:

$$1/R_{\text{и}} = 1/0{,}5 - 1/0{,}8;$$

отсюда $R_{\text{и}} = 1{,}33$ Ом.

в) Определяем расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей:

$$\rho_{\text{р, г}} = \rho_{\text{уд}} k_{\text{п, г}};$$
$$\rho_{\text{р, в}} = \rho_{\text{уд}} k_{\text{п, в}},$$

где $\rho_{\text{уд}}$ — удельное сопротивление грунта (суглинок), равное 100 Ом · м; $k_{\text{п, в}}$; $k_{\text{п, г}}$ — повышающие коэффициенты для вертикальных и горизонтальных электродов для заданной климатической зоны.

Повышающие коэффициенты для климатической зоны 3 принимаем равными 2 для горизонтальных протяженных электродов при глубине заложения 0,8 м и 1,4 — для вертикальных стержневых электродов длиной 2—3 м при глубине заложения из вершины 0,5—0,8 м.

Расчетные удельные сопротивления:

- для горизонтальных электродов: $\rho_{р,\,г} = 100 \cdot 2 = 200$ Ом · м;
- для вертикальных электродов: $\rho_{р,\,в} = 100 \cdot 1,4 = 140$ Ом · м.

г) Определяем сопротивление растеканию одного вертикального электрода — уголка длиной 2 м при погружении ниже уровня земли на 0,7 м по формуле:

$$R_{о.в.э} = \frac{\rho_{рв}}{2\pi l}\left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4t+l}{4t-l}\right).$$

При применении уголков для вертикальных электродов в качестве диаметра принимаем эквивалентный диаметр уголка

$$d = d_{у,\,э} = 0,95b,$$

где b — ширина сторон уголка.

Для уголка с шириной полки $b = 0,06$ м: $d = 0,95b = 0,95 - - 0,06 = 0,057$ м.

$$R_{о.в.э} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2}\left(\ln\frac{2 \cdot 2}{0,057} + \frac{1}{2}\ln\frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2}\right) = 50,5 \text{ Ом}.$$

д) Определяем примерное количество вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования. Коэффициент использования вертикальных электродов в случае размещения их по контуру без учета влияния горизонтальных электродов связи находим по справочным данным.

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине $d/l = 2$; так как $d = 4$ м, принимаем, что расстояние между электродами равно 4 м; $l = 2$ м, отсюда $4/2 = 2$.

Используя справочные данные, выбираем предварительно коэффициент использования:

$k_{и.в} = 0,66$ (при числе уголков порядка 60 и отношении $d/l = 2$). Примерное число вертикальных заземлителей n:

$$n = \frac{R_{о.в.э}}{k_{и.в}R_{и}},$$

где $R_{и}$ — необходимое сопротивление искусственного заземлителя;

$$n = \frac{50{,}5}{0{,}66 \cdot 1{,}33} = 57{,}5.$$

е) Определяем сопротивление, которое оказывает току горизонтальный заземлитель, состоящий из полос 40 · 4 мм^2, приваренных к верхним концам уголков. Коэффициент использования соединительной полосы в контуре находим по справочным данным: $k_{и,\,г} = 0{,}28$ (при числе уголков порядка 60 и отношении расстояния между вертикальными электродами к их длине $d/l = 2$).

Сопротивление полосы находим по формуле:

$$R_{ргэ} = \frac{1}{k_{и,г}} \frac{\rho_{р,г}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}.$$

Расположение горизонтально протяженного заземлителя ниже уровня земли (рис. 2.58).

Расстояние между вертикальными электродами $d = 4$ м. Предполагаемое количество электродов 60, тогда периметр, по которому прокладываются горизонтальные полосы, будет составлять $l = 60 \cdot 4 = 240$ м.

$$\text{R}_{р,\,г,\,э} = \frac{1}{0{,}28} \frac{200}{2\pi \cdot 240} \ln \frac{2 \cdot 240^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7} = 0{,}47 \cdot 15{,}2 = 7{,}16 \text{ Ом}.$$

ж) Уточненное сопротивление вертикальных электродов

$$R_{в,э} = \frac{R_{р,г,э} R_{и}}{R_{р,г,э} - R_{и}} = \frac{7{,}16 \cdot 1{,}33}{7{,}16 - 1{,}33} = 1{,}63 \text{ Ом}.$$

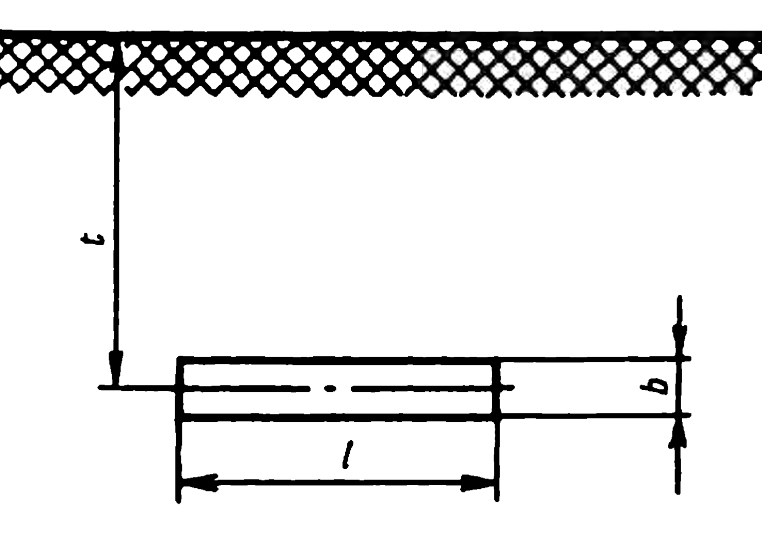


Рис. 2.58. Горизонтальный протяженный электрод, расположенный ниже уровня земли:

t — расстояние от уровня земли до горизонтальной оси электрода, м; l — длина электрода, м; b — ширина полосы, м

з) Уточненное число вертикальных электродов определяем при коэффициенте использования $k_{и,\,в} = 0{,}58$, принятом из справочных данных при $n = 60$ и $d/l = 2$.

$$n = \frac{R_{о,в,э}}{k_{и,в,у}R_{в,э}} = \frac{50{,}5}{0{,}58 \cdot 1{,}63} = 53{,}4.$$

Окончательно принимаем к установке 54 уголка, расположенных по контуру РП.

Изменение потенциала в пределах площадки, на которой размещены электроды заземлителя, происходит плавно; при этом напряжение прикосновения $U_{пр}$ и напряжение шага $U_{ш}$ имеют небольшие значения по сравнению с потенциалом заземлителя $\varphi_з$. Однако за пределами контура по его краям наблюдается крутой спад $\varphi_з$. Чтобы исключить в этих местах опасные напряжения шага, которые особенно высоки при больших токах замыкания на землю, по краям контура за его пределами в первую очередь в местах проходов и проездов, укладывают в землю на различной глубине дополнительные стальные полосы, соединенные с заземлителем. Благодаря этому спад потенциала в этих местах происходит по пологой кривой.

Дополнительно к контуру на территории РП устанавливается сетка из продольных полос, расположенных на расстоянии 0,8—1 м от оборудования, с поперечными связями через каждые 6 м.

Эти неучтенные горизонтальные электроды уменьшают общее сопротивление заземления, проводимость их идет в запас.

и) Проверяем термическую стойкость полосы $40 \cdot 4$ мм^2. Минимальное сечение полосы из условий термической стойкости при КЗ на землю определяем по выражению:

$$s_т = I_{расч}\sqrt{t_п}\,/C_т,$$

где $I_{расч}$ — расчетный ток КЗ через проводник, А; $t_п$ — приведенное время прохождения тока КЗ на землю, с; $C_т$ — постоянная (для стали $C_т = 74$); $I_{расч} = 1{,}24$ кА (из расчета токов КЗ); $t_п = 1{,}25$ с.

Следовательно, $s_т = 1240\sqrt{1{,}25}\,/74 = 18{,}7$ мм^2.

Таким образом, полоса $40 \cdot 4$ мм^2 условию термической стойкости удовлетворяет.

2.26. Расчет токов трехфазного КЗ в сетях и установках напряжением до 1 кВ [20]

Электроустановки в системах электроснабжения напряжением до 1 кВ обычно получают питание от понижающих трансформаторов с номинальной мощностью $S_{ном}$ = 25... 2500 кВ · А.

Если мощность КЗ на стороне ВН трансформатора $S_{к.сист} \geqslant 25 S_{ном}$, то периодическая составляющая тока КЗ будет неизменной. В большинстве случаев это соотношение выполняется. Если нет, то величина сопротивления системы находится по значению мощности КЗ на выводах обмотки ВН понижающего трансформатора:

$$X_с = \frac{(U_{ср.ном})^2}{S_{к.сист}},$$

где $U_{ср.ном}$ — среднее номинальное напряжение сети до 1 кВ.

При отсутствии данных о величине $S_{к.сист}$ значение $X_с$ может быть определено по номинальной мощности отключения $S_{ном.отк}$ выключателя, установленного в питающей сети напряжением выше 1 кВ:

$$X_с = \frac{(U_{ср.ном})^2}{S_{ном.отк}}.$$

Считают, что КЗ в сетях до 1 кВ питается от системы с неограниченной мощностью, т. е. периодическая составляющая тока КЗ неизменна в течение всего времени существования режима КЗ:

$$I_{\text{п}t}^{(3)} = I_{\text{к}}^{(3)}.$$

При расчетах токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ необходимо учитывать:

- активные и индуктивные сопротивления проводов, кабелей и шин (длиной 10...15 м и более); токовых катушек расцепителей автоматических выключателей; первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока; переходных контактов аппаратов;
- активные и индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи;
- переходные сопротивления в месте КЗ.

Расчетная точка трехфазного КЗ в установках напряжением до 1 кВ — непосредственно за автоматическим выключателем трансформатора.

Расчетная точка однофазного КЗ в установках напряжением до 1 кВ — конечная точка шинопровода, защищаемого выключателем трансформатора.

Расчет параметров цепи и токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ ведется в именованных единицах.

Сопротивления в сети напряжением до 1 кВ рассчитывают в мОм.

Силовые трансформаторы

$$Z_{\text{т}} = \frac{(u_{\text{к}}/100)U^2}{S_{\text{т.ном}}}; \quad R_{\text{т}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} U^2}{S_{\text{т.ном}}}; \quad X_{\text{т}} = \sqrt{Z_{\text{т}}^2 - R_{\text{т}}^2}.$$

Сопротивления токопровода (шин) от трансформатора к автоматическому выключателю принимают ориентировочно: $R_{\text{ш}} = 0{,}5$ мОм; $X_{\text{ш}} = 2{,}25$ мОм. В табл. 2.69...2.71 приведены ориентировочные значения сопротивлений $X_{\text{а}}$, $R_{\text{а}}$ катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей, активных переходных сопротивлений контактов $R_{\text{к}}$, первичных сопротивлений $X_{\text{т.т}}$, $R_{\text{т.т}}$ обмоток трансформаторов тока класса точности 1.

Сопротивления шинопроводов и кабелей приведены в разделе 3.

Суммарные сопротивления цепи трехфазного КЗ за автоматическим выключателем трансформатора определяют следующим образом:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma}^{(3)})^2};$$

$$R_{\Sigma}^{(3)} = R_{\text{т}} + R_{\text{ш}} + R_{\text{а}} + R_{\text{к}} + R_{\text{т.т}};$$

$$X_{\Sigma}^{(3)} = X_{\text{с}} + X_{\text{т}} + X_{\text{ш}} + X_{\text{а}} + X_{\text{т.т}}.$$

Если требуется определить ток КЗ в какой-либо другой точке сети напряжением до 1 кВ, то в суммарное сопротивление следует включить сопротивление кабелей и шинопроводов до данной точки КЗ.

Таблица 2.69. **Ориентировочные значения сопротивлений катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей напряжением до 1 кВ**

Номинальный ток расцепителя, А	100	140	200	400	600
$X_а$, мОм	0,86	0,55	0,28	0,10	0,094
$R_а$ (при 65 °С), мОм	1,8	0,74	0,36	0,15	0,12

Таблица 2.70. **Ориентировочные значения активных переходных сопротивлений контактов $R_к$ аппаратов, мОм**

Номинальный ток аппарата, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат	1,3	0,75	0,6	0,4	0,25	—	—
Рубильник	—	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08	—
Разъединитель	—	—	—	0,2	0,15	0,08	0,02

Таблица 2.71. **Сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока (класса точности 1)**

Коэффициент трансформации ТТ	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5	500/5
$X_{т.т}$, мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
$R_{т.т}$, мОм	1,7	0,75	0,42	0,2	0,17	0,05

Действующее значение периодической слагающей тока трехфазного КЗ без учета влияния непосредственно присоединенных асинхронных двигателей:

$$I_к^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} Z_\Sigma^{(3)}}.$$

Ударный ток трехфазного КЗ от системы

$$i_{у.с}^{(3)} = \sqrt{2}\, k_{у.с}\, I_к^{(3)},$$

где $k_{у.с}$ — ударный коэффициент, определяемый из табл. 2.73.

При КЗ на магистральных шинопроводах, удаленных более чем на 100 м от трансформатора, $k_{у.с}$ принимается равным единице.

Токи КЗ от АД, присоединенных непосредственно к месту КЗ, учитывают только при определении ударного тока КЗ:

$$\sum i_{у.д} \approx 6{,}5 \sum I_{ном.д},$$

где $\sum I_{ном.д}$ — суммарный номинальный ток одновременно работающих двигателей.

$$I_{ном.д} = \frac{P_{д.ном}}{\sqrt{3}\, U \eta \cos\varphi},$$

где $P_{д.ном}$, η, $\cos\varphi$ — номинальные мощность, КПД, коэффициент мощности двигателя.

Суммарный ударный ток

$$i_{у\Sigma}^{(3)} = i_{у.с}^{(3)} + \sum i_{у.д}.$$

Для проверки правильности выполнения расчетов периодической составляющей тока трехфазного КЗ в табл. 2.72 приведены значения $I_к^{(3)}$ при трехфазном КЗ непосредственно за аппаратом напряжением 0,38 кВ трансформатора КТП и при трехфазном КЗ на расстоянии 50 м от КТП в кабельной линии с различными сечениями алюминиевых жил.

Таблица 2.72. **Токи трехфазного КЗ $I_к^{(3)}$ (кА) в цепях напряжением 0,38 кВ при КЗ за трансформатором (длина кабеля 0 м) и на расстоянии 50 м**

Номинальная мощность трансформатора, кВ · А	Длина кабеля			
	0 м	50 м. Площадь сечения алюминиевой жилы кабеля		
		150 мм^2	95 мм^2	50 мм^2
400	9,8	7,3	6,7	5
630	15	10	8,2	5,6
1000	22,5	12	9,3	6
1600	34,3	14,8	11	7
2500	48	15,5	11,5	7,1

Таблица 2.73. **Ударные коэффициенты в зависимости от места КЗ**

Место КЗ	$k_у$
Выводы явнополюсного генератора с успокоительной обмоткой	1,93
Выводы ТТ	1,91
В цепи без учета активного сопротивления	1,8
На стороне до 1 кВ трансформаторов, кВ · А:	
1600; 2500	1,4
630; 1000	1,3
100; 250; 400	1,2
Удаленные точки КЗ с учетом активного сопротивления	1,0

2.27. Расчет токов КЗ в сетях и установках напряжением 6...10 кВ с учетом электродвигателей

Общие сведения

В системах электроснабжения на напряжениях 6 или 10 кВ имеются синхронные и асинхронные двигатели с номинальными напряжениями 6 и 10 кВ. Это двигатели насосных и компрессорных станций, двигатели-генераторы и др. При расчете токов КЗ токи подпитки от двигателей могут быть значительными. Двигатели, подключенные в непосредственной близости от места КЗ, являются источниками питания тока КЗ. Это преобразование двигателей в генераторы происходит, во-первых, вследствие уменьшения напряжения в месте КЗ и на зажимах двигателей, во-вторых, вследствие сохранения инерции вращения ротора в первые периоды существования режима КЗ.

При расчете токов КЗ в сетях и установках напряжением выше 1 кВ следует, как правило, учитывать те двигатели, которые связаны с местом КЗ непосредственно или через кабельные линии, или через линейные реакторы, или через один двухобмоточный трансформатор.

Расчет токов КЗ от синхронных двигателей на напряжении выше 1 кВ

Для синхронного двигателя принимаются средние значения сверхпереходной ЭДС $E'' = 1,1$ и сверхпереходного индуктивного сопротивления $x''_{d*} = 0,2$, отн. ед.

Суммарная мощность n двигателей, присоединенных к точке КЗ:

$$S_{\Sigma Д} = n \frac{P_{уст}}{\cos\varphi},$$

где $P_{уст}$, $\cos\varphi$ — номинальные данные синхронного электродвигателя (исходные данные).

Сопротивление СД определяют из соотношения:

$$x''_d = x''_{d*} \frac{(U_{ср.ном})^2}{S_{\Sigma Д}}.$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ синхронного двигателя, когда за базисные величины приняты номинальный ток и напряжение СД:

$$I_{п0д} = \frac{E'' I_{номСД}}{x''_{d*}}.$$

С учетом внешнего сопротивления $x_{вн*}$, через которое электродвигатель присоединен к сборным шинам подстанции,

$$I_{п0дK1} = \frac{E'' I_{номСД}}{x''_{d*} + x_{вн*}}.$$

Расчет токов КЗ от асинхронных двигателей на напряжении выше 1 кВ

Начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ асинхронного двигателя, когда за базисные величины приняты номинальный ток $I_{ном.АД}$ и напряжение АД:

$$I_{п0д} = \frac{E'' I_{номАД}}{x''_{*}}.$$

С учетом внешнего сопротивления $x_{вн*}$, через которое электродвигатель присоединен к сборным шинам подстанции:

$$I_{п0дK1} = \frac{E'' I_{номАД}}{x''_{*} + x_{вн*}},$$

где E'' — сверхпереходная ЭДС асинхронного двигателя. В приближенных расчетах при отсутствии исходных данных можно принимать $E'' = 0{,}9$; x''_* — сверхпереходное индуктивное сопротивление АД, которое определяют по кратности пускового тока: $x''_* = I_{номАД}/I_{пускАД}$ при пуске от полного напряжения; $I_{номАД}$ — номинальный ток АД.

Внешнее сопротивление можно не учитывать при $x_{вн*} < (0{,}1...0{,}2)\,x''_*$.

Расчет ударного тока КЗ, генерируемого синхронными и асинхронными двигателями напряжением выше 1 кВ

Ударный ток трехфазного КЗ от синхронного и асинхронного электродвигателя

$$i_{у.д} = k_{у.д}\sqrt{2}\,I_{п0д},$$

где $k_{у.д} = 1 + e^{-t/T_а} = 1 + e^{-0{,}01/T_а}$.

Если внешнее сопротивление не учитывается, то значения $k_{у.д}$ для синхронных и асинхронных двигателей берутся из таблиц, приведенных ниже.

Таблица 2.74. **Значения ударных коэффициентов асинхронных двигателей при КЗ на их выводах**

Параметр	Для асинхронных двигателей серий					
	А	АО	ДАЗО	АТМ	ВДД, ДВДА	ДАМСО
$k_{у.д}$	1,56	1,49	1,50	1,67	1,66	1,55

Таблица 2.75. **Значения ударных коэффициентов СД при КЗ на их выводах**

Тип СД	Номинальная мощность СД, МВт						
	1	2	4	6	8	10	12
СДН, ВДС, СТД	1,82	1,84	1,87	1,89	1,9	1,91	1,91
СТМ	1,83	1,87	1,91	1,92	1,925	1,93	1,94

Периодическая и апериодическая составляющие в точке КЗ определяются суммированием периодических и апериодических

составляющих токов всех источников радиальной схемы — двигателей и системы, т. е. периодическая составляющая в точке КЗ в любой момент времени

$$I_{\Sigma t}^{(3)} = I_{\text{п}t}^{(3)} + \Sigma I_{\text{п.д}it}.$$

Ударный ток в точке КЗ вычисляют суммированием ударных токов системы и двигателей:

$$i_{\text{у.}\Sigma}^{(3)} = i_{\text{у.с}}^{(3)} + \Sigma i_{\text{у.д}} = \sqrt{2}\, k_{\text{у.с}}(I_{\text{п}0}^{(3)}) + \Sigma k_{\text{у.д}i} \sqrt{2}\, I_{\text{п}0\text{д}i}.$$

2.28. Расчет токов однофазного КЗ в сетях и установках напряжением до 1 кВ

Расчетная точка однофазного КЗ напряжением до 1 кВ — конечная точка шинопровода, защищаемого данным выключателем, поскольку для выбора уставок тока срабатывания расцепителя автоматического выключателя на головном участке шинопровода необходимо определить наименьший возможный в данной сети ток однофазного КЗ.

Порядок расчета

1. Составить схему замещения цепи однофазного КЗ, в которую входят сопротивления следующих элементов: фазного провода, переходного сопротивления в месте КЗ, сопротивления обратного (или четвертого) провода с подключенными параллельно ему заземляющими проводниками и сопротивления растекания заземления нейтрали питающего трансформатора.

2. Определить активные и реактивные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности элементов: R_1, X_1, R_2, X_2, R_0, X_0.

3. Определить сопротивления элементов и цепи при однофазном КЗ в конечной точке шинопровода.

Сопротивления элементов при однофазном КЗ приведены ниже (табл. 2.76).

Таблица 2.76. **Сопротивления элементов при однофазном КЗ**

Элемент	Активное сопротивление	Реактивное сопротивление
Трансформатор, $Y/Y_н$	$R_т^{(1)} = (12...18)\ R_{1т}$	$X_т^{(1)} = (7...8)\ X_{1т}$
Трансформатор, $\Delta/Y_н$	$R_т^{(1)} = 3R_{1т}$	$X_т^{(1)} = 3X_{1т}$
Четырехжильные кабели	$R_к^{(1)} \approx 3R_{1к}$	$X_к^{(1)} \approx 4{,}5X_{1к}$
Шины	$R_ш^{(1)} \approx 3R_{1ш}$	$X_ш^{(1)} \approx 4X_{1ш}$
Шинопроводы ШМА	$R_{ШМА}^{(1)} \approx 3R_{1ШМА}$	$X_{ШМА}^{(1)} \approx 4X_{1ШМА}$
Автоматические выключатели	$R_а^{(1)} \approx 3R_{1а}$	$X_а^{(1)} \approx 4X_{1а}$
Контакты	$R_к^{(1)} \approx 3R_{1к}$	—

Суммарные активные и реактивные сопротивления цепи однофазного КЗ в конечной точке шинопровода:

$$R_\Sigma^{(1)} = R_т^{(1)} + R_ш^{(1)} + R_а^{(1)} + R_к^{(1)} + R_{ШМА}^{(1)};$$

$$X_\Sigma^{(1)} = X_т^{(1)} + X_ш^{(1)} + X_а^{(1)} + X_к^{(1)} + X_{ШМА}^{(1)}$$

4. Рассчитать значение периодической слагающей тока однофазного КЗ. В сетях с глухозаземленной нейтралью (в частности, в сетях напряжением 380/220 В) ток однофазного КЗ определяется по формуле

$$I_к^{(1)} = \frac{\sqrt{3}\,U_{ном}}{Z_\Sigma^{(1)}},$$

где $Z_\Sigma^{(1)} = \sqrt{(R_\Sigma^{(1)})^2 + (X_\Sigma^{(1)})^2}$.

$$R_\Sigma^{(1)} = R_{\Sigma 1}^{(1)} + R_{\Sigma 2}^{(1)} + R_{\Sigma 0}^{(1)};\quad X_\Sigma^{(1)} = X_{\Sigma 1}^{(1)} + X_{\Sigma 2}^{(1)} + X_{\Sigma 0}^{(1)};$$

где $R_{\Sigma 1}^{(1)}$, $X_{\Sigma 1}^{(1)}$, $R_{\Sigma 2}^{(1)}$, $X_{\Sigma 2}^{(1)}$, $R_{\Sigma 0}^{(1)}$, $X_{\Sigma 0}^{(1)}$ — соответственно активные и реактивные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей петли фаза-нуль.

2.29. Характерные неисправности электродвигателей и способы их устранения

Наиболее распространенные неисправности электрической части — короткие замыкания внутри обмоток электродвигателя и между ними, замыкания обмоток на корпус, а также обрывы в обмотках или во внешней цепи (питающие провода и пусковая аппаратура). *В результате указанных неисправностей* могут иметь место: отсутствие возможности пуска электродвигателя; опасный нагрев его обмоток; ненормальная частота вращения электродвигателя; ненормальный шум (гудение и стук); неравенство токов в отдельных фазах.

Причины механического характера, вызывающие нарушение нормальной работы электродвителей, чаще всего наблюдаются в неправильной работе подшипников: перегрев подшипников, вытекание из них масла, появление ненормального шума.

Основные виды неисправностей в электродвигателях и причины их возникновения. *Асинхронный электродвигатель не включается* (перегорают предохранители или срабатывает защита). Причиной этого в электродвигателях с контактными кольцами могут быть закороченные положения пускового реостата или контактных колец. В первом случае необходимо пусковой реостат привести в нормальное (пусковое) положение, во втором — поднять приспособление, закорачивающее контактные кольца.

Включить электродвигатель не удается также из-за короткого замыкания в цепи статора. Обнаружить короткозамкнутую фазу можно на ощупь по повышенному нагреву обмотки (ощупывание следует производить, отключив предварительно электродвигатель от сети); по внешнему виду обуглившейся изоляции, а также измерением. Если фазы статора соединены в звезду, то измеряют величины токов, потребляемых из сети отдельными фазами. Фаза, имеющая короткозамкнутые витки, будет потреблять ток больший, чем неповрежденные фазы. При соединении отдельных фаз в треугольник токи в двух проводах, подключенных к дефектной фазе, будут иметь бóльшие значения, чем в третьем, который соединяется только с неповрежденными фазами. При измерениях пользуются пониженным напряжением.

При включении асинхронный электродвигатель не трогается с места. Причиной этого может быть обрыв одной или двух фаз це-

пи питания. Для определения места обрыва сначала осматривают все элементы цепи, питающей электродвигатель (проверяют целость предохранителей). Если при внешнем осмотре обнаружить обрыв фазы не удается, то мегомметром выполняют необходимые измерения. Для чего статор предварительно отключают от питающей сети. *Если обмотки статора соединены в звезду*, то один конец мегомметра соединяют с нулевой точкой звезды, после чего вторым концом мегомметра касаются поочередно других концов обмотки. Присоединение мегомметра к концу исправной фазы даст нулевое показание, присоединение к фазе, имеющей обрыв, покажет большое сопротивление цепи, т. е. наличие в ней обрыва. Если нулевая точка звезды недоступна, то двумя концами мегомметра касаются попарно всех выводов статора. Прикосновение мегомметра к концам исправных фаз покажет нулевое значение, прикосновение к концам двух фаз, одна из которых — дефектная, покажет большое сопротивление, т. е. обрыв в одной из этих фаз.

В случае соединения обмоток статора в треугольник необходимо обмотку разъединить в одной точке, после чего проверить целость каждой фазы в отдельности.

Фазу, имеющую обрыв, иногда обнаруживают на ощупь (остается холодной). Если обрыв произойдет в одной из фаз статора во время работы электродвигателя, он будет продолжать работать, но начнет гудеть сильнее, чем в обычных условиях. Отыскивать поврежденную фазу так, как это указано выше.

При работе асинхронного двигателя происходит сильный нагрев обмоток статора. Такое явление, сопровождаемое сильным гудением электродвигателя, наблюдается при коротком замыкании в какой-либо обмотке статора, а также при двойном замыкании обмотки статора на корпус.

Работающий асинхронный электродвигатель начал гудеть. При этом его скорость и мощность снижаются. Причиной нарушения режима работы электродвигателя является обрыв одной фазы.

При включении двигателя постоянного тока он не трогается с места. Причиной этого могут служить перегорание предохранителей, обрыв в цепях питания, обрыв сопротивлений в пусковом реостате. Сначала внимательно осматривают, затем проверяют с помощью мегомметра или контрольной лампы напряжением не выше 36 В целость указанных элементов. Если указанным путем не удается определить место обрыва, переходят к проверке цело-

сти обмотки якоря. Обрыв в обмотке якоря чаще всего наблюдается в местах соединений коллектора с секциями обмотки. Измеряя падения напряжения между коллекторными пластинами, находят место повреждения.

Другой причиной указанного явления может быть перегрузка электродвигателя. Проверить это можно с помощью пуска электродвигателя вхолостую, предварительно разобщив его с приводным механизмом.

При включении электродвигателя постоянного тока перегорают предохранители или срабатывает максимальная защита. Закороченное положение пускового реостата может быть одной из причин указанного явления. В этом случае реостат переводят в нормальное пусковое положение. Это явление может наблюдаться также при слишком быстром выводе рукоятки реостата, поэтому при повторном включении электродвигателя реостат выводят более медленно.

При работе электродвигателя наблюдается повышенный нагрев подшипника. Причиной повышенного нагрева подшипника может быть недостаточная величина зазора между шейкой вала и вкладышем подшипника, недостаточное или лишнее количество масла в подшипнике (проверяют уровень масла), загрязнение масла или применение масла несоответствующих марок. В последних случаях масло заменяют, промыв предварительно подшипник бензином.

При пуске или во время работы электродвигателя из зазора между ротором и статором появляются искры и дым. Возможной причиной этого явления может быть задевание ротора за статор. Это происходит при значительном срабатывании подшипников.

При работе электродвигателя постоянного тока наблюдается искрение под щетками. Причинами такого явления могут служить неправильный подбор щеток, слабое нажатие их на коллектор, недостаточно гладкая поверхность коллектора и неправильное расположение щеток. В последнем случае необходимо передвинуть щетки, расположив их на нейтральной линии.

При работе электродвигателя наблюдается усиленная вибрация, которая может появляться, например, из-за недостаточной прочности закрепления электродвигателя на фундаментной плите. Если вибрация сопровождается перегревом подшипника, это указывает на наличие осевого давления на подшипник.

Таблица 2.77. **Неисправности асинхронных электродвигателей и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Щетки искрят, некоторые щетки и их арматура сильно нагреваются и обгорают	Щетки плохо пришлифованы	Пришлифовать щетки
	Щетки не могут свободно двигаться в обойме щеткодержателя — мал зазор	Установить нормальный зазор между щеткой и обоймой 0,2—0,3 мм
	Загрязнены или замаслены контактные кольца и щетки	Очистить бензином кольца и щетки и устранить причины загрязнения
	Контактные кольца имеют неровную поверхность	Обточить или отшлифовать контактные кольца
	Слабо прижаты щетки к контактным кольцам	Отрегулировать нажатие щеток
	Неравномерное распределение тока между щетками	Отрегулировать нажатие щеток, проверить исправность контактов траверс, токопроводов, щеткодержателей
Равномерный перегрев активной стали статора	Напряжение сети выше номинального	Снизить напряжение до номинального; усилить вентиляцию
Повышенный местный нагрев активной стали при холстом ходе и номинальном напряжении	Между отдельными листами активной стали имеются местные замыкания	Удалить заусеницы, устранить замыкание и обработать листы изоляционным лаком
	Нарушено соединение между стяжными болтами и активной сталью	Восстановить изоляцию стяжных болтов
Двигатель с фазным ротором не развивает номинальной частоты вращения с загрузкой	Плохой контакт в пайках ротора	Проверить все пайки ротора. В случае отсутствия неисправностей при наружном осмотре проверку паек проводят методом падения напряжения
	Обмотка ротора имеет плохой контакт с контактными кольцами	Проверить контакты токопроводов в местах соединения их с обмоткой и контактными кольцами

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	Плохой контакт в щеточном аппарате. Ослабли контакты механизма для короткого замыкания ротора	Прошлифовать и отрегулировать нажатие щеток
	Плохой контакт в соединениях между пусковым реостатом и контактными кольцами	Проверить исправность контактов в местах присоединения соединительных проводов к выводам ротора и пускового реостата
Двигатель с фазным ротором идет в ход без нагрузки — при разомкнутой цепи ротора, а при пуске в ход с нагрузкой не развивает оборотов	Короткое замыкание между соседними хомутиками лобовых соединений или в обмотке ротора	Устранить касание соседних хомутиков
	Обмотка ротора в двух местах заземлена	После определения короткозамкнутой части обмотки поврежденные катушки заменить новыми
Двигатель с короткозамкнутым ротором не идет в ход	Перегорели предохранители, неисправен автоматический выключатель, сработало тепловое реле	Устранить неисправности
При пуске двигателя происходит перекрытие контактных колец электрической дугой	Контактные кольца и щеточный аппарат загрязнены	Провести очистку
	Повышенная влажность воздуха	Провести дополнительную изоляцию или заменить двигатель другим, соответствующим условиям окружающей среды
	Обрыв в соединениях ротора и в самом реостате	Проверить исправность соединения

2.30. Виды и причины повреждений пускорегулирующей аппаратуры

Пускорегулирующая аппаратура имеет следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматов; междувитковые замыкания и замыкания на корпус катушек; чрезмерный нагрев и износ контактов; неудовлетворительная изоляция; механические неполадки.

Причина опасного перегрева катушек переменного тока — заклинивания якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низкое напряжение питания катушек. Магнитная катушка потребляет бо́льший ток, чем при втянутом якоре и нормальном напряжении, вследствие чего она быстро перегревается и сгорает.

Междувитковые замыкания могут произойти вследствие плохой намотки катушки, особенно если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в расположенные ниже слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие междувитковую изоляцию. Междувитковые замыкания происходят главным образом в катушках переменного тока, так как у них междувитковые амплитудные напряжения больше, чем у катушек постоянного тока. К тому же они подвержены усиленным сотрясениям от вибрирующего стального каркаса.

Замыкание на корпус происходит в случае неплотной посадки бескаркасной катушки на железном сердечнике; возникающие в системе вибрации приводят к перетиранию изоляции катушки и ее отводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На нагрев контактов влияют токовая нагрузка, давление, размеры и раствор контактов, а также условия охлаждения и окисление их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал. При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях образуется плохо проводящий слой. При применении для смазки окисляющихся жиров они отшлаковываются, поэтому контакты только слегка смазывают бескислотными вазелинами, наносимыми тончайшим слоем. Применяемые в наружных установках

для смазки контактов консистентные жиры не должны содержать известкового (кальциевого) мыла, так как на холоде появляются выделения, приводящие к заеданиям и другим неполадкам.

Износ контактов зависит от величины тока, напряжения и продолжительности горения электрической дуги между контактами, частоты и продолжительности включений, качества и твердости материала. Установлено, что в пределах твердости 30—90° по Бринеллю интенсивность обгорания резко убывает, а при более высокой твердости снижается незначительно, поэтому упрочнять материал контактов свыше указанного предела нецелесообразно.

На степень обгорания влияет форма и размер контактов. При слишком большой ширине контактов (более 30 мм) боковая составляющая тока и магнитное поле в контакте сильно увеличиваются, электрическая дуга "вторгается" в стенку дугогасительной камеры и остается в этом положении, разрушая контакты и стенки камеры.

Неисправность изоляции проявляется в виде образования на ее поверхности токов утечки (пробои изоляции очень редки), поэтому необходимо защищать ее от скопления грязи и пыли. Большая часть всех неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее нарушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Механические неполадки в аппаратах возникают в результате образования ржавчины, механических поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Механические неполадки, вызванные износом или усталостными явлениями, происходят из-за плохой смазки подвижных частей, скапливания влаги, применения в конструкциях, работающих на удар, материалов либо очень хрупких, либо мягких.

2.31. Ремонт масляных выключателей, разъединителей, выключателей нагрузки

Таблица 2.78. **Неисправности включателей и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Выключатель не включается	Отсутствует цепь оперативного тока	Проверить цепь включения
	Недостаточно напряжение оперативного тока	Повысить напряжение оперативного тока до нормального значения
Выключатель не отключается	Отсутствует цепь оперативного тока	Проверить цепь отключения
	Недостаточно напряжение оперативного тока	Повысить напряжение оперативного тока до нормального значения
Чрезмерный (выше нормы) нагрев нижнего контакта	Недостаточно входит в розеточный контакт токопроводящий стержень	Отрегулировать вжим (ход) контактов
	Косо входит в розеточный контакт токопроводящий стержень (ламели розеточного контакта касаются наконечника стержня не всей площадью)	Разобрать полюс и отрегулировать контакты
	Лопнуло упорное кольцо розеточного контакта	Заменить кольцо
	Ослабли пружины розеточного контакта	Заменить пружины
Масло в выключателе быстро (после нескольких отключений) становится темным. Короткие замыкания выключатель разрывает тяжело с выбросом масла	Недостаточная скорость движения токопроводящего стержня в момент отключения в результате большого трения в приводном механизме	Отрегулировать выключатель
	Неправильно гасится дуга из-за неверной установки дугогасительной камеры в цилиндре, сильного выгорания ее; износились уплотняющие манжеты проходного изолятора (у выключателя ВПМ-10)	Разобрать полюс и установить правильно камеру. Заменить дугогасительную камеру. Поставить новые манжеты
Заклинивание токопроводящего стержня (у выключателя ВМП-10)	Смещение упоров ограничителей хода токосъемных роликов и в результате поломка направляющей капроновой колодки	Разобрать полюс, заменить направляющую колодку и зафиксировать положение направляющих стержней установкой стопорных винтов
	Рычаг механизма упирается в колпачок	Сменить полюс
Поломка опорных изоляторов	Значительный зазор (более 1,5 мм) между роликом рычага пружинного буфера и упором, вследствие чего токопроводящие стержни при включении ударяются о дно розеточного контакта	Отрегулировать пружинный буфер
Поломка проходных изоляторов (у выключателя ВПМ-10)	Незначительный (менее 19 мм) запасной ход между колодкой токопроводящего стержня и головками болтов колпачка проходного изолятора, вследствие чего колодка бьет по изолятору	Отрегулировать положение колодки токопроводящего стержня

Таблица 2.79. **Ремонт масляных выключателей**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр, очистка, разборка выключателей	Очищают детали выключателя от грязи, сливают масло из цилиндров. Отсоединяют от полюсов изоляционные тяги и, сняв полюса, открывают нижние крышки с неподвижными контактами	Маслоотделители из цилиндров вынимают, предварительно сняв верхние крышки
	Вынимают распорные бакелитовые цилиндры и дугогасительные камеры	
Ремонт контактной системы	Очищают слегка обгоревшие контакты	Наждачной шкуркой
	Опиливают контакты с наплывами, сильно обгоревшие заменяют новыми	Напильником личным
	Наконечники подвижных контактов при необходимости заменяют новыми	Наконечники навертывают до отказа на контактный стержень и накернивают по окружности
Ремонт буферного устройства	Буфер очищают от грязи, заливают чистым трансформаторным маслом и проверяют плавность хода	Шток и поршень масляного буфера при перемещении от руки должны двигаться плавно, без заеданий
Регулировка выключателя ВМП-10 (включение и отключение производят только вручную)	Ввертывают до упора в резьбовое отверстие на торце каждого подвижного контакта полюса стержень диаметром 6 мм, длиной 400 мм. Добиваются, чтобы полный ход подвижных контактов составлял 245 ± 5 мм; ход в контактах 60 ± 4 мм для выключателей до 1000 А и 54 ± 4 мм для выключателей 1500 А	Угол поворота вала 87 ± 2°, недоход механизма до крайнего положения не менее 4 мм

Таблица 2.80. **Ремонт разъединителей**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр разъединителей и замена дефектных деталей	Очистка изоляторов, контактов и ножей от грязи, копоти, подгаров. Расслоившиеся детали из бакелита заменяются новыми. При незначительных повреждениях их покрывают бакелитовым лаком 2 раза и сушат 3 ч	Температура сушки 60 °С

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Частичный ремонт армированных деталей	Удаляют старую армировку с поврежденной части и заливают новый цементирующий слой	Разрушение армировки не должно превышать 1/3 окружности фланца
Полное переармирование	Армируют заново изоляторы	Разрушен армирующий пояс больше 1/3 окружности фланца или колпака
Регулирование разъединителя	Давление в контактах разъединителя считают нормальным, если вытягивающее усилие для каждого полюса не ниже при токе разъединителя 600 А — 200 Н, 1000 А — 400 Н, 2000 А — 800 Н	Регулирование проверяют путем 10-кратного включения и отключения разъединителя

Таблица 2.81. **Ремонт выключателей нагрузки**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр выключателей и замена дефектных деталей	Очищают контактные поверхности от следом оплавления, грязи и копоти. Отвертывают винты, крепящие щеки дугогасительного устройства, осматривают и при необходимости заменяют вкладыши	Если стенки вкладышей выгорели, их заменяют новыми
Проверка пружины и буферных устройств	Дефектрые и ослабленные пружины заменяют новыми. Износившиеся резиновые шайбы буфера заменяют новыми	Пружины применяют только заводского изготовления, а шайбы делают из листовой резины толщиной 4—6 мм
Смазка и регулирование выключателей	Трущиеся поверхности очищают от старой смазки и наносят свежую смазку. При регулировании добиваются одновременного входа и выхода ножей в неподвижные контакты	Смазку применяют с учетом температуры окружающей среды. Величина вытягивающего усилия как и у разъединителей

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

3.1. Автоматические воздушные выключатели

Автоматические выключатели с естественным воздушным охлаждением (автоматы) предназначены для отключения тока при КЗ, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для оперативных включений и отключений электрических цепей (в том числе электродвигателей) на напряжение до 1 кВ.

Расцепители, являясь составной частью автоматов, контролируют заданный параметр защищаемой цепи и воздействуют на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Наиболее распространенными расцепителями являются:

а) электромагнитные — для защиты от тока КЗ;

б) тепловые — для защиты от перегрузок;

в) комбинированные, совмещающие в себе электромагнитные и тепловые расцепители;

г) полупроводниковые, позволяющие ступенчато менять: номинальный ток расцепителя; время срабатывания в зоне перегрузки; отношение тока срабатывания при токе КЗ (0,1; 0,25; 0,4 с).

Полупроводниковые расцепители имеют более стабильные параметры и удобны в настройке.

Если автомат не имеет максимальных расцепителей, то он используется только для коммутаций цепей без тока.

Кроме указанных выше, имеются также минимальные, нулевые, независимые и максимальные токовые расцепители. Минимальные расцепители отключают включенный автомат при $U = (0{,}35 \div 0{,}7)\,U_{ном}$; нулевые расцепители — при $(0{,}1 \div 0{,}35)\,U_{ном}$. Независимые расцепители служат для дистанционного отключения автоматов, максимальные токовые — для защиты электрических цепей (кроме двигателей) от перегрузки.

Основные технические данные автоматов даны в табл. 3.1.1.

Дополнения к табл. 3.1.1.

1) Автоматические выключатели серии АП50Б выпускают с разными видами расцепителей, что отражается в их обозначении. Так, например, АП50Б2МТ — с двумя комбинированными расцепителями; АП50Б2М — с двумя электромагнитными расцепителями; АП50Б3ТН — с тремя тепловыми расцепителями и минимальными расцепителями напряжения; буква Д означает — независимый расцепитель, буква О — максимальный расцепитель тока в нулевом проводе.

Предельная коммутационная способность автомата при переменном напряжении 380 В составляет 0,5—10 кА при номинальном токе максимальных расцепителей 1,6—63 А.

Автоматы содержат один или два переключающих контакта.

2) Автоматические выключатели серии АК50 и АК63 выпускают со следующими видами расцепителей: МГ — электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ; М — электромагнитный для защиты в зоне токов КЗ.

3) Автоматические выключатели серии АЕ1000 предназначены для защиты осветительных электрических цепей переменного тока; номинальный режим работы — продолжительный.

4) Автоматические выключатели серии АЕ20 различаются по значению номинального тока выключателя следующим образом; АЕ2020 — $I_{\text{в.ном}}$ = = 16 А; АЕ2040 — $I_{\text{в.ном}}$ = 63 А; АЕ2050 — $I_{\text{в.ном}}$ = 100 А; АЕ2060 — $I_{\text{в.ном}}$ = = 160 А. Четвертая цифра в обозначении выключателя означает следующее: 3 — трехполюсные с электромагнитными максимальными расцепителями; 4 — однополюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями; 6 — то же, но трехполюсные.

5) Автоматические выключатели серии АЕ25 имеют по одному замыкающему и по одному размыкающему контакту.

Для этих автоматов имеет место следующее число полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока: 1 — однополюсные с электромагнитными максимальными расцепителями тока; 2 — двухполюсные с электромагнитными расцепителями тока; 4 — однополюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями тока; 5 — двухполюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока.

6) Автоматические выключатели серии ВА13 предназначены для отключения электрических цепей при перегрузках и КЗ. Пятая и шестая цифры в обозначении выключателя означают следующее: 22 — два полюса с электромагнитными расцепителями; 23 — два полюса с электромагнитными расцепителями с гидравлическим замедлением; 32 — три полюса с электромагнитными расцепителями; 33 — три полюса с электромагнитными расцепителями с гидравлическим замедлением. Время отключения автоматов под действием независимого расцепителя не превышает 0,05 с.

7) Автоматические выключатели серии ВА16 выпускаются на следующие номинальные токи: 6,3; 10,0; 16,0; 20,0; 25,0 и 31,5 А. Номинальные уставки по току срабатывания соответственно равны: 95; 140; 225;280; 350 и 440 А.

8) Автоматические выключатели серии ВА19 предназначены для защиты электрических установок от токов перегрузки и токов КЗ в цепях переменного тока. Имеют один замыкающий и один размыкающий контакты.

9) Автоматические выключатели серии ВА51-25 предназначены для эксплуатации и защиты электрических цепей переменного тока от токов пере-

грузки и токов КЗ. Автоматические выключатели серий ВА51Г25 служат для пуска, останова и защиты АД от токов перегрузки и токов КЗ. Автоматы имеют один замыкающий и один размыкающий контакты или два замыкающих контакта, а также независимые и минимальные расцепители напряжения.

10) Автоматические выключатели серии ВА51 на токи 100 и 160 А предназначены для эксплуатации в электрических цепях переменного тока, встраиваются в комплектные устройства для защиты электрических цепей от токов перегрузки и КЗ; буква "Г" в серии означает, что эти автоматы служат для защиты, пуска и отключения АД. Автомат имеет максимальные расцепители тока (электромагнитные и тепловые), а также независимые и минимальные расцепители напряжения.

11) Автоматический выключатель серии ВА51 на ток 250 А имеет то же назначение, что и ВА51 на токи 100 и 160 А. Имеет максимальные, независимый, нулевой и минимальный расцепители.

12) Автоматический выключатель серии ВА52-37 имеет калибруемые значения уставок по току срабатывания электромагнитного расцепителя тока, которые имеют следующие значения: при переменном токе: 1600; 2000; 2500; 3200; 4000 А; при постоянном токе: 2000 и 2500 А (для исполнения автоматов без тепловых максимальных расцепителей тока).

13) Автоматические выключатели серии А3700 по виду максимальных расцепителей тока, подразделяются на:

а) токоограничивающие с электромагнитными и полупроводниковыми расцепителями, с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; селективные с полупроводниковыми расцепителями;

б) нетокоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; без максимальных расцепителей тока.

14) Автоматические выключатели серии "Электрон" по сочетанию видов расцепителей подразделяются на:

а) с максимальным расцепителем тока (полупроводниковым), имеющим переключатель для переключения на работу в режиме с выдержкой времени (мгновенно) и минимальным расцепителем напряжения, который осуществляет оперативные отключения;

б) с максимальным расцепителем тока и независимым расцепителем напряжения.

15) Автоматические выключатели серий ВА51-39 и ВА52-39 допускается использовать для прямых пусков и защиты АД.

В зависимости от исполнения имеют разные сочетания расцепителей: тепловых, электромагнитных, независимых, нулевых и минимальных.

16) Автоматические выключатели типов ВА53-41, ВА55-41 и ВА56-41 допускается использовать для нечастых, прямых пусков АД. Выключатели этих типов различаются по МТЗ:

а) ВА53 — токоограничивающие с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

б) ВА55 — с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока с выдержкой времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

в) ВА56 — без максимальных расцепителей тока, разработанные на базе выключателей серии ВА55.

Выключатели с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока в условиях эксплуатации допускают ступенчатую регулировку следующих параметров: номинального тока расцепителя $I_{в.ном}$, номинального напряжения (только для постоянного тока); уставки по току срабатывания в зоне токов КЗ, уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки при $6I_{р.ном}$ для переменного тока и 5 $I_{р.ном}$ для постоянного тока, уставки по времени срабатывания в зоне токов КЗ для выключателей типа ВА55-41.

Выключатели с выдержкой времени в зоне токов КЗ типов ВА55-41 дополнительно имеют:

1 — верхнюю границу зоны селективности, кА:

при переменном токе: 20,0;

при постоянном токе: 30,0;

2 — кратность уставки по времени срабатывания в зоне токов КЗ до верхней границы зоны селективности, с:

при переменном токе: 0,1; 0,2; 0,3:

при постоянном токе: 0,1; 0,2.

Полное время отключения электрической цепи в зоне токов КЗ выключателями типов ВА53, ВА55 (после истечения установленного времени срабатывания) и ВА56 (при токе КЗ не менее 25 кА для выключателей переменного тока, и не менее 40 кА для выключателей постоянного тока) не более 0,04 с.

17) Автоматические выключатели типов ВА53-43, ВА55-43, ВА56-43 различаются по МТЗ:

а) ВА53 — токоограничивающие с полупроводниковыми и электромагнитными максимальными расцепителями тока без выдержки времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

б) ВА55 — с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока с выдержкой времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

в) ВА56 — автоматические, без максимальных расцепителей тока, разработанные на базе выключателей серии ВА55.

18) Автоматические выключатели серии ВА75 имеют следующие расцепители: независимый, нулевой напряжения, минимальный напряжения с выдержкой времени.

19) Автоматические выключатели серий ВА81, ВА83, ВА85, ВА87 предназначены для эксплуатации в электроустановках, а также допускается использовать их для прямых пусков АД с короткозамкнутым ротором и отключения вращающихся двигателей. Цифры в обозначении выключателей означают следующее:

81 — токоограничивающие выключатели с электромагнитными расцепителями;

83 — токоограничивающие выключатели с полупроводниковым и электромагнитными расцепителями;

85 — селективные выключатели с полупроводниковым расцепителем;

ВА87 — выключатели без максимальных расцепителей тока.

Выключатели ВА87-41, не имеющие максимальных расцепителей тока, изготавливаются на базе селективных выключателей и сохраняют включенное положение до значений токов КЗ, соответствующих верхней границе зоны селективности для селективных выключателей, а свыше этих токов отключают электрическую цепь.

Таблица 3.1.1. **Основные технические данные автоматических выключателей**

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
Э06	=220	800; 1000	—	Полупроводниковый	Полупроводниковый	630; 800	1,25	3; 5; 7; 10	—	4; 8; 16	0,25; 0,45; 0,7	35	Ручной, электромагнитный
	=400											25	
	~380					630; 800; 1000						40	
	~660												
Э16	=440	1250; 1600				630; 1000; 1600		3; 5; 7				45	
	~660											30	
Э25	=440	2000; 2500; 3200; 4000				1000; 1600; 2500; 4000						50	
	~660											55	
Э40	=440	4000; 5000; 6300				2500; 4000; 6300						85	
	~660												

Продолжение таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
АК50	=220	50	2	Электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания	Электромагнитный без замедлителя	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 32; 40; 45; 50	—	5	—	3—20	—	4,5	Ручной
	~380		2; 3				1,35	5; 10	Не срабатывает	—	0,2—0,4	5	
АК63	= 240	63	1	Комбинированный	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	—	1,5; 5	—	3—20	—	3—5	
	= 400		2					1,5; 3; 12				3	
	~500		2; 3				1,3					2,3; 9	
АП50Б	= 220	50	2			1,6; 2,5; 4; 6,4; 10	1,25	3; 5; 10		1,5—10		0,5—4	
	~500		3									0,3—3,5	

Продолжение таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
АП50Б	~660	50	3	Комбинированный	Электромагнитный	16; 25; 40; 50; 63	1,25	3,5; 10	—	1,5—10	—	0,24—1	Ручной
АЕ1000	~380	25	1	Тепловой		6; 10; 16; 20; 25	1,25; 1,5	12—18	Не срабатывает	—	—	1,2; 1,8	
АЕ2020	~380	16	3			0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	0,9—1,15	12				0,7—4	
	~660											0,7—1,6	
АЕ2040 АЕ2040М	~220	63	1			0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63						2—6	
	~380		1; 3									0,8—6	
	~440		1									2—4,5	
	~660		3									0,7—4	

Продолжение таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
АЕ2050М	~380	100	3	Тепловой	Электромагнитный	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	0,9—1,15	12	Не срабатывает в течение 2 ч	5—20	—	2,4—6	Ручной
	~660											2,1—4	
АЕ2060	~380	160				16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160			—	—	—	3,5—11,5	
	~660											3—6	
АЕ2530	=220	25	1; 2			0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 1,6; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		1,3—10	—	—	—	2—5	
	~380							2—10				0,8—5	
АЕ2540	=220	63				25; 31; 5		2,5; 5; 10				5—10	

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока: в зоне перегрузки	Вид расцепителя максимального тока: в зоне КЗ	Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне перегрузки	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне КЗ	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $1{,}05I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $6I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: в зоне КЗ	Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
АЕ2540	~380	63	1; 2	Тепловой	Электромагнитный	40; 50; 63	0,9—1,15	5; 10	—	—	—	3—6	—
АЕ2550	=220	100				50; 60; 80; 100		5; 10				20	
ВА13-25	~1140	25	3	Электромагнитный с гидравлическим замедлением		3,15; 5; 16; 25	—	7	—	—	—	1,5	—
ВА13-29	~660	63	2; 3			0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	6; 12	3; 6; 12				6	
	=440											10	
ВА16	~380	6,3—31,5	1	Тепловой		—	—	95—440	—	—	—	1	—
ВА19 (ВА19-29)	~380	0,6—63	1; 2			0,6—63		2—10	—	—	—	1,2—6	—
	=220							1,3—10				2—10	

Продолжение таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока: в зоне перегрузки	Вид расцепителя максимального тока: в зоне КЗ	Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне перегрузки	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне КЗ	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $1{,}05I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $6I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: в зоне КЗ	Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
ВА22-27	~380	40	3; 2	Тепловой	Электромагнитный	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40	—	—	—	—	—	1	Электродвигательный
	=220											1,7—3	
ВА51-25 (ВА51Г25)	~380	0,3—25	3			0,3—4,0 (ВА51-25) 5—25 (ВА51Г25)	1,2; 1,35	7; 10; 14	—	—	—	1,5—3,8	Ручной
	~660											1,2—3	
ВА51	=220	100; 160	1; 2; 3			для 100 А 6,3—100; для 160 А 80—160	1,2; 1,25; 1,35	3; 6; 7				2—28	
	~660							3; 7; 10				1,5—12	
ВА51-35	=220	250	2; 3			80; 100; 125; 200; 250	—	6; 8; 10	—	—	—	25—35	Ручной, электромагнитный
	~660							12				10—12	
ВА51 ВА52	=440	400				250; 300; 400		6				35—85	
	~660							20				12—20	

Продолжение таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока: в зоне перегрузки	Вид расцепителя максимального тока: в зоне КЗ	Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне перегрузки	Уставка срабатывания расцепителя: в зоне КЗ	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $1{,}05I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: при токе $6I_{ном}$	Время выдержки (срабатывания), с: в зоне КЗ	Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
ВА57-35 ВА57-37	=440	250	3	Тепловой	Электромагнитный	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	—	6; 8; 10; 12	—	—	—	5—110	Ручной, электромагнитный
	~660											3,5—20	
ВА51-39	=220	630	2; 3			400; 500; 630	6	2500; 3200; 4000	—	—	—	35	
	~380						10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300				20	
	~660											50	
ВА52-39	=440					250; 320; 400; 500; 630	6; 10	2500; 3200; 4000	—	—	—	85	
	~380							2500; 3200; 4000; 5000; 6300				40	
	~660											20	

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
ВА53-41	~380	1000	2; 3	Полупроводниковый	Электромагнитный	Для полупроводникового 630; 800; 1000 Для электромагнитного 250; 400; 630; 1000	1,25;	2; 3; 5; 7	4; 8; 16	—	0,04	135	Ручной, электромагнитный
	~660											33,5	
	=440							2; 4; 6				110	
ВА55-41	~380							2; 3; 5; 7				55	
	~660									0,1; 0,2; 0,3		33,5	
	=440							2; 4; 6		0,1; 0,2		100	
ВА56-41	~380							—				55	
	~660											33,5	
	=440											100	
ВА53-43	= 440	1600				1000; 1280; 1600		2; 4; 6		—	—	160	
	~660							2; 3; 5; 7				47,5	
ВА55-43	=440		2; 3					2; 4; 6		0,1; 0,2		100	
	~660							2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		47,5	

Окончание таблицы 3.1.1

Тип автоматического выключателя	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время выдержки (срабатывания), с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе $1{,}05I_{ном}$	при токе $6I_{ном}$	в зоне КЗ		
ВА56-43	=440	1600	2; 3	Полупроводниковый	Электромагнитный	1600	1,25	—	4; 8; 16	—	—	100	Ручной, электромагнитный
	~660											47,5	
ВА75-45	=440	2500				1575; 2000; 2500		2; 4; 6				50	
	~660							2; 3; 5; 7				40	
ВА75-47	=440	4000				2520; 3200; 4000		2; 4; 6				60	
	~660							2; 3; 5; 7				45	
ВА81-41	=440	1000				250; 400; 630; 1000		2; 4; 6				100	
	~660							2; 3; 5; 7				45	
ВА83-41	=440							2; 4; 6				100	
	~660							2; 3; 5; 7				45	
ВА85-41	=440							2; 4; 6		0,1; 0,2		100	
	~660							2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		45	

Таблица 3.1.2. **Характеристики автоматических выключателей**

Тип	Номинальный ток выключателя, А	Номинальный ток теплового расцепителя $I_{т.р.ном}$, А	Предельная коммутационная способность, кА
ВА51-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	2
ВА51Г25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4,5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	3
ВА51-29	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	8
ВА51-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	8
ВА51Г31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	8
ВА52Г31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	14
ВА51-33	160	80; 100; 125; 160	10
ВА51Г33	160	80; 100; 125; 160	10
ВА52Г33	160	80;100;125; 160	15
ВА51-35	250	160; 200; 250	10
ВА51-37	400	250; 320; 400	12

Таблица 3.1.3. **Трехполюсные автоматические выключатели серии А3700 переменного тока с электромагнитными расцепителями**

Тип выключателя	$I_{ном.в}$, А	$I_{ном.р}$, А	$I_{с.о}$*, А	ПКС** в цепи 380 В	ОПКС*** в цепи 380 В
				Ударный ток, кА	
Выключатели на напряжение до 660 В					
А3712Б	160	80	400	36	125
		160	630; 1000; 1600	75	
А3722Б	250	250	1600; 2000; 2500	80	150
А3732Б	400	400	2500; 3200; 4000	100	150
А3742Б	630	630	4000; 5000; 6300	100	150
А3792Б	630	630	2500; 3200, 4000; 5000; 6300	11,1	150
Выключатели на напряжение до 380 В					
А3712Ф	160	80	400	25	28
		160	630; 1000; 1600		

Тип выключателя	$I_{ном.в}$, А	$I_{ном.р}$, А	$I_{с.о}$*, А	ПКС** в цепи 380 В	ОПКС*** в цепи 380 В
				Ударный ток, кА	
А3722Ф	250	250	1600; 2000; 2500	35	38
А3732Ф	630	400	2500; 3200; 4000	50	53
		630	4000; 5000; 6300		

*Ток срабатывания отсечки.
**ПКС — предельная коммутационная способность.
***ОПКС — то же, но одноразовая.

Таблица 3.1.4 **Трехполюсные автоматические выключатели серии А3700 переменного тока с электромагнитными и тепловыми расцепителями**

Тип выключателя	$I_{ном.в}$, А	$I_{ном.р}$, А	$I^*_{с.п}/I_{ном.р}$	$I_{с.о}$, А	ПКС в цепи 380 В	ОПКС в цепи 380 В
					Ударный ток, кА	
Выключатели на напряжение до 660 В						
А3712Б	160	16; 20; 25	1,15	630	5,5; 10; 15	—
		32; 40; 50; 63; 80; 100; 125		630; 1600	20; 30; 45; 60	—
		160			75	125
А3726Б	250	160; 200; 250	1,15	2500	65; 75	150
А3736Б	400	250; 320; 400	1,15	2500; 3200; 4000	65; 100	150
А3796Б	630	250; 320; 400; 500; 630	1,15	2500; 3200 4000; 5000; 6300	65; 70	150

Тип выключателя	$I_{ном.в}$, А	$I_{ном.р}$, А	$I^*_{с.п}/I_{ном.р}$	$I_{с.о}$, А	ПКС в цепи 380 В	ОПКС в цепи 380 В
					Ударный ток, кА	
Выключатели на напряжение до 380 В						
А3716Ф	160	16; 20; 25	1,15	630	5,5; 10; 15	—
		32; 40 50; 63; 80 100; 125; 160		630; 1600	20; 25; 25	28
А3726Ф	250	160; 200; 250	1,15	2500	35	38
А3736Ф	630	250; 320; 400; 500; 630	1,15	2500; 3200; 4000; 5000; 6300	50	53

*$I_{с.п}$ — ток срабатывания при перегрузке.

Таблица 3.1.5. **Автоматические выключатели серии А3700 с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями максимального тока**

Выключатель		Полупроводниковый расцепитель		Эл. магн. расцепитель
Габарит	Тип и $I_{ном}$, А	$I_{ном}$, А	Пределы регулирования $I_{ном}$, А	Номинальная уставка тока трогания у выключателей: пост. ток/перем. ток, А
Исполнение токоограничивающее с полупроводниковым и электромагнитным расцепителями максимального тока				
1	А3710Б, 160	40 80 160	20; 25; 32; 40 40; 50; 63; 80 80; 100; 125; 160	960/1600
2	А3720Б, 250	250	160; 200; 250	1500/2500
3	А3730Б, 400	250 400	160; 200; 250 250; 320; 400	2400/4000
4	А3740Б, 630	400 630	250; 320; 400 400; 500; 630	3800/6300

Выключатель		Полупроводниковый расцепитель		Эл. магн. расцепитель
Габарит	Тип и $I_{ном}$, А	$I_{ном}$, А	Пределы регулирования $I_{ном}$, А	Номинальная уставка тока трогания у выключателей: пост. ток/перем. ток, А
Исполнение селективное с полупроводниковыми расцепителями максимального тока (электромагнитного расцепителя нет)				
3	А3730С, 400	250 400	160; 200; 250 250; 320; 400	Выключатели А3730С и А3740С выполняются в двух модификациях: с защитой в зоне перегрузки и без этой защиты
4	А3740С, 630	400 630	250; 320; 400 400; 500; 630	
Исполнение токоограничивающее с электромагнитными расцепителями максимального тока (полупроводникового расцепителя нет)				
1	А3710Б, 160	—	—	600/400; 750/630; 960/1000; —/1600
2	А3720Б, 250	—	—	960/1600; 1200/2000; 1500/2500
3	А3730Б, 400	—	—	2400/2500; —/3200; —/4000
4	А3740Б, 630	—	—	3800/4000; —/5000; —/6300

Таблица 3.1.6. **Автоматические выключатели серии А3700 с термобиметаллическими и электромагнитными расцепителями максимального тока**

Выключатель		Термобиметаллический расцепитель	Эл. магн. расцепитель
Габарит	Тип и $I_{ном}$, А	$I_{ном}$, А	Номинальная уставка тока трогания выключателей: пост. ток/перем. ток, А
Токоограничивающие			
1	А3710Б, 160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	600/630
		32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	960/1600
2	А3720В, 250	160; 200; 250	1500/2500
3	А3730Б, 400	250; 320; 400	2400/4000

Выключатель		Термобиметаллический расцепитель	Эл. магн. расцепитель
Габарит	Тип и $I_{ном}$, А	$I_{ном}$, А	Номинальная уставка тока трогания выключателей: пост. ток/перем. ток, А
Нетокоограничивающие			
1	А3710Ф, 160	16; 20; 25	600/630
		32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	600/630; 960/1600
2	А3720Ф, 250	160; 200; 250	1500/2500
3	А3730Ф, 630	250 320 400	2400/2500 2400/3200 2400/4000
		500 630	3800/5000 3800/6300
Примечание. Выключатели серии А3700 применяют в установках постоянного тока до 440 В и переменного тока до 660 В. Габариты двухполюсных и трехполюсных выключателей одинаковые.			

Таблица 3.1.7. **Предельная коммутационная способность выключателей А3700 при переменном токе и cos$\varphi \geqslant$ 0,25**

Тип выключателя	$I_{ном}$, А, расцепителя	Ударный ток, кА, в трехфазной цепи при отсутствии в ней выключателя и $U_{ном}$ = 380/660 В
С полупроводниковыми и (или) электромагнитными расцепителями		
А3710Б	40 80 160	18/18 36/36 75/40
А3720Б	250	75/40
А3730Б	400	100/55
А3740Б	630	100/60
А3730С	400	50/50
А3740С	630	60/60

Тип выключателя	$I_{ном}$, А, расцепителя	Ударный ток, кА, в трехфазной цепи при отсутствии в ней выключателя и $U_{ном}$ = 380/660 В
Токоограничивающих с термобиметаллическими и электромагнитными расцепителями		
А4710Б	16—160	5,5/5—75/40
А3720Б	160—250	65/40—75/40
А3730Б	250—400	65/40—100/55
Нетокоограничивающих с термобиметаллическими и электромагнитными расцепителями		
А3710Ф	16—160	5,5—25 } Только для 380 В
А3720Ф	160—250	35 } Только для 380 В
А3730Ф	250—630	50 } Только для 380 В

Таблица 3.1.8. Автоматические выключатели А3790

Тип	Род тока	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$ расцепителя, А	Предельная коммутационная способность, кА
А3793БУ3 А3793БХЛ3 А3794БУ3 А3794БХЛ3	Перем.	660 380	250 400 250 400	60/28,5 111/50,5
А3794БУ3 А3794БХЛ3	Пост.	440	250 400	111
А3793СУ3 А3793СХЛ3 А3794СУ3 А3794СХЛ3	Перем.	660 380	250 400 250 400	60/28,6* 111/50,5*
А3793СУ3 А3793СХЛ3	Пост.	440	250 400	111

*В числителе — наибольшая включающая способность выключателя перем. тока (ударный ток), в знаменателе — наибольшая отключающая способность (действующее значение).

Примечания: 1. В обозначении типа: 3Б — двухполюсный выключатель с электромагнитным и полупроводниковым расцепителями; 4Б — соответственно трехполюсный выключатель; 3С — двухполюсный нетокоограничивающий выключатель с замедлителем в зоне токов КЗ с полупроводниковыми расцепителями; 4С — соответственно трехполюсный выключатель.

2. Масса, кг: выдвижного исполнения: без электромагнитного привода/с электромагнитным приводом: 31,6—36,8/34,7—39,4; стационарного исполнения соответственно: 15,6—13,9/23,2—26,5.

Таблица 3.1.9. **Автоматические выключатели серии «Электрон»**

Тип, $I_{ном}$, А	Полупроводниковый расцепитель (реле максимальной токовой защиты – МТЗ)						
	$I_{ном}$, А, МТЗ	Зона перегрузок			Зона короткого замыкания		
		Пределы регулирования и номинальные уставки					
		тока трогания защиты	времени действия защиты, с, при токе		тока трогания защиты у выключателя		времени действия защиты, с
			$I_{ном}$	$6I_{ном}$	Пост. тока	Перем. тока	
Стационарное исполнение							
Э06С, 1000	250; 400; 630; 800; 1000	(0,8; 1; 1,25; 2) $I_{ном}$	100; 150; 200	4; 8; 16	(3; 5; 7) $I_{ном}$	(3; 5; 7; 10) $I_{ном}$	0; 0,25; 0,45; 0,7
						(3; 5; 7) $I_{ном}$	
Э25С, 4000	800					(3; 5; 7; 10) $I_{ном}$	
	1000; 1250; 1600; 2000;2500					(3; 5; 7) $I_{ном}$	
	3200; 4000				(3; 5) $I_{ном}$	(3; 5) $I_{ном}$	
Э40С, 6300	3200; 4000				$3I_{ном}$	$3I_{ном}$	
	6300						
Выдвижное исполнение							
Э06В, 1000	250; 400; 630; 800; 1000	(0,8; 1; 1,25; 2) $I_{ном}$	100; 150; 200	4; 8; 16	(3; 5; 7) $I_{ном}$	(3; 5; 7; 10) $I_{ном}$	
Э16В, 1600	630					(3; 5; 7) $I_{ном}$	
	1000; 1250; 1600					(3; 5; 7; 10) $I_{ном}$	
Э25В, 2500	1600; 2000; 2500					(3; 5; 7) $I_{ном}$	
Э40В, 5000	2500; 3200; 4000; 5000				(3; 5) $I_{ном}$	(3; 5) $I_{ном}$	

Токи отключения, кА, выключателей «Электрон»

Стационарное исполнение			Выдвижное исполнение		
	~380 В / ~660 В	=220 В / =440 В		~380 В / ~660 В	=220 В / =440 В
Э06С	40/40	35/25	Э06В	40/30	35/25
Э25С	65/55	60/50	Э16В	40/30	55/45
Э40С	115/85	65/55	Э25В	45/35	55/45
			Э40В	65/50	65/55

Габариты, мм: Э06В — 470 × 400 × 320; Э10 — 580 × 570 × 430; Э16В — 730 × 580 × 570; Э25В — 550 × 520 × 450; Э40В — 600 × 570 × 410. Масса 35—268 кг.

Выключатели «Электрон» применяют в установках постоянного тока до 440 В и переменного тока до 660 В. Габариты двухполюсного и трехполюсного выключателей одинаковы.

Масса выключателя, кг: двухполюсного — 1; трехполюсного — 1,3; в металлической оболочке — 3,5.

Климатическое исполнение и категории размещения: УЗ и ХЛ5. Основная область применения та же, что и для выключателей А3700.

Таблица 3.1.10. **Автоматические выключатели серии АП50Б (двух- и трехполюсные)**

$I_{ном}$, А, максимальных расцепителей	$I_{доп}$ КЗ при						
	пост токе 220 В и постоянной времени цепи 0,01 с ± 0,005, максимальное значение, кА*	перем. токе и $\cos\varphi = 0{,}45 \pm 0{,}05$					
		380 В		500 В		660 В	
		Амплитуда ударного тока, кА	Действующее значение тока, кА	Амплитуда ударного тока, кА	Действующее значение тока, кА	Амплитуда ударного тока, кА	Действующее значение тока, кА
1,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,24
2,5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3
4	1	1	0,6	1	0,6	0,7	0,4
6,3	1,4	1,4	0,8	1,4	0,8	0,85	0,5
10	2,5	3,4	2	2,5	1,5	1	0,6
16	2,5	5,1	3	6	3,5	1	0,6
25	2,5	5,1	3	6	3,5	1,4	0,8
40	2,5	8,5	5	6	3,5	1,7	1
50	2,5	8,5	5	6	3,5	1,7	1
63	4	10	6	6	3,5	1,7	1

*При разрыве цепи двумя полюсами.

Примечания: 1. Обозначения типов: АП50Б2ТМ и АП50Б2М — для цепей пост, тока; АП50Б2МН, АП50Б3МТ. АП50Б3М, АП50Б2М3ТН, АП50Б2М3ТД, АП50Б2М3ТО — для цепей перем. тока.

2. Максимальные расцепители тока: 2 и 3 — количество, МТ — комбинированный (электромагнитный и тепловой): М — электромагнитный; Т — тепловой. Дополнительные расцепители: Н — минимальный расцепитель напряжения; Д — независимый расцепитель; О — максимальные расцепитель тока в нулевом проводе.

Кратность уставки тока мгновенного срабатывания (отсечки) $I_{сраб}/I_{ном} = 3; 5; 10$.

Климатическое исполнение: УЗ и ХЛ5 (в пластмассовой оболочке, IP20) и У2 и ХЛ5 (в металлической оболочке, IP54).

Габариты: трехполюспый выключатель в пластмассовой оболочке — 105 × 103,5 × 138,5 мм; то же в металлической оболочке— 188 × 155 × 230 мм.

Масса соответственно 1,3 и 3,5 кг.

Таблица 3.1.11. **Автоматические выключатели серии ВА**

Тип	$I_{ном}$ выключателя, А	$I_{ном}$ расцепителя, А	Предельная коммутационная способность, кА		Масса, кг
			380 В	до 660 В	
ВА51-25	25	6,3—25	5	3	0,4—0,6
ВА51Г-25*	25	6,3—25	5	3	0,4—0,6
ВА51, ВА52	63; 100; 160	6,3—160	3—38	3—14	0,3—4,2
ВА51, ВА52	250; 400; 630	1000—6300	18—55	12—30	2,1—7
ВА53-43; ВА55-43; ВА56-43	1600	0,6; 0,8; 1 $I_{ном}$ **	80 и 135	47,5	43—56 (стационарный); не более 100 (выдвижной)
ВА74	800; 1600; 3000; 5500	130—5500	45—50	—	56—240

*Буква Г указывает на защиту эл. дв.

**Уставки по току срабатывания в зоне КЗ, кратные $I_{ном}$ расцепителя: 3; 5; 7; 8; в зоне перегрузки 1,25.

Таблица 3.1.12. **Автоматические выключатели ВА75**

Тип	$I_{ном}$, А	Род тока	$U_{ном}$, В	Уставки максимальных расцепителей тока		Предельная коммутационная способность, кА				
				$I_{сраб}/I_{ном}$	по времени срабатывания	Действующее значение при перем. напряжении и cos φ				При пост. токе до 440 В и постоянной времени ⩽10 мс
						380 В	cosφ	660 В	cosφ	
ВА75-45	2500	Перем.	До 660 В	2; 3; 5; 7	4; 8; 16	60	0,2	40	0,25	50
	2500	Пост.	До 440 В	2; 4; 6						
ВА75-47	2500	Перем.	До 660 В	2; 3; 5; 7	4; 8; 16	70	0,2	45	0,25	60
	4000	Пост.	До 440 В	2; 4; 6						
	2500									
	4000									

Автоматические выключатели ВА12

Комбинированный
или электромагнитный расцепитель:

$I_{ном}$ выключателя . . . . 63 А

$U_{ном}$ перем. тока . . . . До 660 В

$I_{ном}$ расцепителей . . . . 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 А

$I_{пред}$, кА:

До 380 В 12

380—500 В 8

500—660 В 6

Таблица 3.1.13. **Автоматические выключатели АК**

Тип	Исполнение	Род тока	$I_{ном}$ расцепителя, А	Уставка тока мгновенного срабатывания — кратность $I_{ном}$	
				пост. ток	перем. ток
АК-50	2МГ (2М) 3МГ (3М)	Пост. и перем. 50 Гц	0,6—50	5	5; 10
		Перем. 50 Гц	0,6—50	—	5; 10
АК-63	—	Пост. и перем. 50 Гц	0,6—63	1,5 и 5	1,5; 3; 12

Примечания: 1. Цифры 2, 3 — число полюсов; М — электромагнитный расцепитель для защиты от КЗ; МГ — то же с гидравлическим замедлением.

2. Масса: двухполюсных выключателей (IP30) 0,9 кг, трехполюсных (IP30) 1,2 кг, двух- и трехполюсных (IP54) — 4,3 кг.

Таблица 3.1.14. **Автоматические выключатели АВМ**

Тип	$I_{ном}$, А		Электро-динамич. стойкость, кА	Цепь перем. тока			Цепь пост. тока			Исполнение по способу установки
	выключателя	максимальных расцепителей		330 В	500 В	cosφ	220 В	400 В	постоянная времени, мс	
				Действующее значение $I_{пред}$ отключения, кА						
АВМ4Н АВМ4С	400	120—300 (УЗ); 150—400 (УХЛ4)	42	20*	10*	0,3	40*	30*	10	Стационарное
АВМ10Н АВМ10С	1000	500; 600; 800; 1000		18	10		40	30		Выдвижное
АВМ15Н АВМ15С	1500	1000; 1200; 1400—1600	70	35	20		45	30		Стационарное и выдвижное
АВМ20Н АВМ20С	2000	1200; 1500; 2000	75	35	20		45	30		То же

*При подводе тока от источника напряжения к нижним зажимам выключателя $I_{пред}$ снижается на 50 %.

Примечание. В обозначении типа: АВМ — серия; числа — $I_{ном}$: 4...400 А; 10...1000 А; 15...1500 А; 20...2000 А; буквы — Н — неселективное, С — селективное исполнение по виду максимально-токовой защиты. Масса выдвижных выключателей с ручным и электродвигательным приводом соответственно: (47—55) и (54—62) до (55—98) и (61— 102) кг.

Таблица 3.1.15. Автоматические выключатели серии АЕ20М

<table>
<tr><th rowspan="3">Тип</th><th rowspan="3">$I_{ном}$, А</th><th colspan="5">Предельная коммутационная способность, кА</th></tr>
<tr><th colspan="4">Перем. ток, действующее значение</th><th rowspan="2">Пост. ток, 220 В $\tau = (0{,}01 \pm 0{,}001)$ с</th></tr>
<tr><th>220, 380 В</th><th>cos φ</th><th>660 В</th><th>cos φ</th></tr>
<tr><td>АЕ2040М</td><td>0,6—1,6
2—12,5
16—63</td><td>5
1,5
4,5</td><td>0,8
0,95
0,8</td><td>0,7
0,7
2</td><td>0,95
0,95
0,9</td><td>5
2,5
5</td></tr>
<tr><td>АЕ2050М</td><td>10—12,5
16—25
31,5—100</td><td>2,4
3,5
6</td><td>0,9
0,8
0,7</td><td>2,1
2,1
3,5</td><td>0,9
0,9
0,8</td><td>3,5
5
10</td></tr>
<tr><td>АЕ2060М</td><td>16—25
31,5—40
50—100
125—160</td><td>3,5
6
9
11,5</td><td>0,8
0,7
0,5
0,3</td><td>2,1
3,5
6
6</td><td>0,9
0,8
0,7
0,7</td><td>5
10
20
20</td></tr>
<tr><td colspan="7">Примечания: 1. $I_{ном}$ = 63; 100; 160 А; $U_{ном}$ перем. тока: до 380В — двухполюсный; до 660 В — трехполюсный; $U_{ном}$ пост. тока: до 220 В — двухполюсный; $I_{ном}$ расцепителей при $I_{ном}$ = 63 А: 0,6—63 А; при $I_{ном}$ = 100 А: 10—100 А; при $I_{ном}$ = 160 А: 16—160 А.
2. Масса: двухполюсного выключателя — 0,77 кг; трехполюсного — 0,77—2,36 кг.
3. Степень защиты: IP00, IP20 и IP54.
4. При $I_{ном}$ = 0,6÷12,5 А расцепитель комбинированный; при $I_{ном}$ = 16÷160 А — комбинированный или электромагнитный.</td></tr>
</table>

Таблица 3.1.16. **Автоматические выключатели серии АЕ25**

<table>
<tr><th rowspan="3">Тип</th><th rowspan="3">$I_{ном}$ расцепителя, А</th><th colspan="4">Предельная коммутационная способность, кА</th></tr>
<tr><th colspan="2">Цепь перемен. тока (действующее значение) при</th><th rowspan="2">Цепь пост. тока при $U_{ном}$ = 110 В для однополюсных и 220 В для двухполюсных выключателей с постоянной времени (0,01 ± 0,001) с</th><th rowspan="2">Вид максимального расцепителя</th></tr>
<tr><th>$U_{ном}$ = =380 В</th><th>cos φ</th></tr>
<tr><td rowspan="2">АЕ2530 (25)</td><td>0,6—1,6
2—12,5</td><td>5
1,5</td><td>0,7
0,95</td><td>5
2,5</td><td>Электромагнитный и тепловой</td></tr>
<tr><td>0,6—4
5—12,5</td><td>0,8
1,5</td><td>0,95
0,95</td><td>2
3,5</td><td>Электромагнитный</td></tr>
</table>

Тип	$I_{ном}$ расцепителя, А	Предельная коммутационная способность, кА			Вид максимального расцепителя
		Цепь перемен. тока (действующее значение) при		Цепь пост. тока при $U_{ном}$ = 110 В для однополюсных и 220 В для двухполюсных выключателей с постоянной времени (0,01 ± 0,001) с	
		$U_{ном}$ = =380 В	cosφ		
АЕ2530 (25)	16—25	3/4,5	0,8	25	Электромагнитный/электромагнитный и тепловой
АЕ2540 (63)	25 31,5—63	3 6	0,9 0,7	5 10	Электромагнитный и тепловой или электромагнитный
АЕ2550 (100)	63—100	—	—	20	

Примечания: 1. Число в скобках после обозначения типа — $I_{ном}$ выключателя, А.
2. Степень защиты IP20.
3. Масса 0,4—1,6 кг.

Автоматические выключатели серии АЕ20

$U_{ном}$ до 660 В перем. и 220 В пост. тока; $I_{ном}$: 2÷16; 3÷25; 4÷63; 5÷100 А. Предельная коммутационная способность при 660 В: 0,7—6 кА. Масса (при степени защиты IP54): 1,88—2,66 кг.

Автоматические выключатели следует применять в случаях: необходимости автоматизации управления (АПВ, АВР и т. п.); необходимости обеспечения более скорого по сравнению с плавкими предохранителями восстановления питания и если при этом не имеют решающего значения вероятность неселективных отключений и отсутствие эффекта ограничения тока КЗ; частых аварийных отключений (испытательные, лабораторные и т. п. установки). В остальных случаях рекомендуется применять плавкие предохранители.

В случае осуществления защиты автоматическими выключателями рекомендуется: в цеховых РУ, на ответвлениях от магистральных шинопроводов, а также на щитах ПС для защиты отходящих линий с расчетными токами до 630 А включительно

применять установочные выключатели: А3100; А3700; АЕ2000; АП-50 и т. п.; мощные, более тяжелые и дорогие выключатели подстанционного типа: «Электрон», А3700 габарита 630 А и более, АВМ и т. п. применять в РУ ПС, непосредственно связанных с питающими трансформаторами или преобразователями, для защиты линий с номинальным током не менее 400 А.

Таблица 3.1.17. **Значения сопротивлений автоматических выключателей**

$I_{ном}$, А	$R_а$, мОм	$x_а$, мОм
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,08
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05

Примечание. Приведенные значения сопротивлений включают в себя сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов.

Таблица 3.1.18. **Приближенные значения активных сопротивлений разъемных контактов коммутационных аппаратов напряжением до 1 кВ**

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм	
	рубильника	разъединителя
50	—	—
70	—	—
100	0,5	—
150	—	—
200	0,4	—
400	0,2	0,2
600	0,15	0,15
1000	0,08	0,08
2000	—	0,02
3000	—	0,02

3.2. Контакторы, магнитные пускатели и тепловые реле

Контактор является коммутационным аппаратом, предназначенным для частых коммутаций электрических цепей при номинальных режимах работы.

Контакторы переменного тока в основном применяются для управления АД, работающими в разных режимах, включения трехфазных трансформаторов и т. д.

Контактор в комплекте с тепловым реле образуют коммутационный аппарат управления — магнитный пускатель.

Магнитные пускатели применяются для дистанционного управления трехфазными АД с короткозамкнутым ротором. Пускатели осуществляют пуск и останов электродвигателей (нереверсивные пускатели); пуск, останов и реверс электродвигателей (реверсивные пускатели); защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности. Выпускаемые нашей промышленностью контакторы и пускатели имеют определенную область применения. Так, например, для включения и отключения АД с короткозамкнутым ротором применяют контакторы серии КМ13, КТ12Р, пускатели ПМЕ, ПМА, ПМЛ и др.

Кроме того, контакторы и пускатели имеют определенные климатические исполнения и, следовательно, могут надежно работать в условиях, соответствующих этим исполнениям.

Основные технические данные контакторов и пускателей приведены ниже.

Дополнения к табл. 3.2.1.

1) Электромагнитные контакторы серии КТ6000/20 применяют в приводах, где не допускается отключение контактора при исчезновении или снижении напряжения в цепи втягивающей катушки. Контакторы допускают работу при напряжении на зажимах втягивающих катушек от 0,85 до 1,1 $U_{ном}$ для контакторов КТ6000/00 и КТП 6000/00 и от 0,7 до 1,1 $U_{ном}$ для контакторов КТ6000/20.

2) Для электромагнитных контакторов серии КТ6600 стойкость к протеканию сквозных токов составляет:

$$3200 \text{ А при } I_{ном} = 63 \text{ А};$$
$$3600 \text{ А при } I_{ном} = 100 \text{ А};$$
$$4000 \text{ А при } I_{ном} = 160 \text{ А},$$

где $I_{ном}$ — номинальный ток контактора.

Таблица 3.2.1. **Основные технические данные контакторов типов КТ, КМ, КНЕ**

Тип	$U_{ном}$, В	Количество контактов		$I_{ном}$, А	Коммутационная способность, А			
		замыкающих	размыкающих		включаемый ток		отключаемый ток	
					~380 В	220 В	~380 В	220 В
КТ6000/01—КТ6000/04	=220; ~380	3; 6; 9; 12	3; 6; 9; 12	16	100	25	16	1
КТП6000/01—КТ6000/04								
КТ6000/21—КТ6000/24	=220; ~380	1; 4; 7; 10	1; 4; 7; 10					
КТ6600	~660	—	—	63; 100; 160	—	—	—	—
КТ6600/2	~380	2; 3	—	40; 100; 160	160; 250; 630; 1000	—	—	—
КТ6600/3	=220	1; 2	1		—	160; 2; 50; 630	—	40; 100; 160
КМ 18-36-5101	~380	1 (главные) 2 (вспомогательные)	2 (вспомогательные)	315	500	—	500	—
КМ24-21	=550	1; 2	—	10	—	20	—	20
КМ24-33		1	—	160		320		320
КМ24-35				250		500		500
КМ20-37	~380	—	—	400	3200	—	2400	—
	~660			250				
КНЕ-230	—	3		63	—	—	—	—
КНЕ-220		2		100	—	—	—	—
КНЕ-320				250	—	—	—	—

Стойкость к протеканию пиковых значений сквозных токов (амплитудное значение) равна:

4000 А при $I_{\text{ном}}$ = 63 А;
4500 А при $I_{\text{ном}}$ = 100 А;
5000 А при $I_{\text{ном}}$ = 160 А.

3) Электромагнитные контакторы серий КТ6000/2 и КТ6000/3 предназначены для работы при отсутствии напряжения в цепи питания катушки, серий КТ6000/3 — для гашения поля синхронных машин и для цепей, где недопустимо отключение контактора при отсутствии напряжения в цепи питания катушки.

4) Электромагнитные контакторы типа КМ 18-36-5101 имеют главные и вспомогательные контакты; номинальное напряжение главных контактов ~110 В; ток включения — отключения в режиме редких коммутаций (не менее 10 раз) — 560 А; номинальный ток прохождения в течение 1 с — 900 А; номинальное напряжение включающей катушки ~36 В; потребляемая мощность включающей катушки не более 15 Вт.

5) Электромагнитные контакторы серии КМ24 имеют следующие дополнительные технические характеристики:

а) номинальное напряжение включающих катушек 24 В;

б) номинальное напряжение вспомогательных контактов 24 В;

в) номинальный ток вспомогательных контактов 10 А;

г) максимальная мощность, потребляемая контактором, составляет: для КМ24-21 10 Вт, для КМ24-23 35 Вт; для КМ24-35 50 Вт.

6) Для электромагнитных контакторов типа КМ20-37 указана наибольшая коммутационная способность ($\cos\varphi$ = 0,35) при напряжении ~380 В; при напряжении ~660 В наибольшая коммутационная способность составляет: включаемый ток 2000 А; отключаемый ток 1500 А. Стойкость при протекании сквозного тока в течение 1 с равна 5600 А, пикового сквозного тока (в течение полуволны) — 7000 А.

Для вспомогательных контактов номинальные напряжения и ток составляют соответственно 110—660 В и 10 А.

Таблица 3.2.2. **Технические данные контакторов типов КТМ и КТ**

Параметры	Тип			
	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Номинальное напряжение, кВ	1,140			
Номинальный ток, А	250	400		250
Частота, Гц	50			
Ток включения, А	5600	6500		5600
Ток отключения, А	3000			
Напряжение управления, В	36	220	36	220
Коммутационная износостойкость, тысяч циклов «ВО»				
в категории АС-3	1600	2000	1600	1600
в категории АС-4	300	630	300	300
Механическая износостойкость, тысяч циклов «ВО»	5000			

Контакторы серии КО1 используются для коммутации электродвигателей, устройств освещения и др. В таблице 3.2.3 даны основные технические характеристики контакторов.

Таблица 3.2.3. **Технические данные контакторов типа КО1**

Серия	$I_{ном}$, А (рабочий)	Мощность трехфазных двигателей при частоте 50 Гц			Примечания
		220 В	380 В	660 В	
К01	9÷95	2,2÷25 кВт	4÷45 кВт	5,5÷55 кВт	**Имеются нормально открытые и нормально закрытые контакты**

Таблица 3.2.4. **Контакторы электромагнитные**

Серия	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А
КТ6000Б	380*	80—630
КТ6000А	660	1000
КТП6000Б	380*	80—630
КТ7000Б	380*	80—160
КТ6000БС	380*	80—630
КТ6000АС	660	1000
КТП6000БС	380	80—630
КТ7000БС	380	80—160

* Контакторы допускают работу в цепях с $U_{ном}$ 500 и 660 В.

Примечания: 1. В обозначения серии: КТ — контактор перем. тока с управлением перем. током; КТП — то же с управлением пост. током; 6000; 7000 — условный номер серии; А — повышенная коммутационная способность при 660 В; Б — модернизированные контакты. Условное обозначение главных контактов: С — контакты с металлокерамическими накладками на основе серебра.

2. Число полюсов: 2; 3; 4; 5.

3. Предельные коммутируемые токи: включение — $6I_{ном}$, отключение — $I_{ном}$ (при $I_{ном}$ до 100 А) и $6I_{ном}$ (при $I_{ном}$ > 100 А).

4. Климатическое исполнение: У и ХЛ, категория размещения 3, степень защиты IP00.

5. Масса в зависимости от типа 6—75 кг.

Контакторы электромагнитные: КТ6000/00; КТП6000/00; КТ6000/20
$U_{ном}$ — до 500 В; $I_{ном}$ — 16 А

Коммутационная способность:

Включение		Отключение	
Перем. ток при 380 В	100 А	Перем. ток при 380 В	16 кА
Пост. ток при 110, 220В. . .	25 А	Пост. ток при 110 В	2,5 кА
Масса	3,75—8 кг	При 220 В	1 кА

Контакторы электромагнитные КТ6600

$U_{ном}$, В	660		
$I_{ном}$, А	63	100	160
I включения, кА:			
380 В	25		—
660	3		
I отключения, кА:			
380 В	2,5		—
660 В	0,3		
Масса, кг	6—7,6		

Контакторы электромагнитные: КТ64, КТП64, КТ65, КТП65

$U_{ном}$, В . . . . - 380 и 660
$I_{ном}$, А . . . . 100; 160; 250; 400 и 630
Токоограничивающая способность, кА. . . . . 7,5; 8; 9 и 13
Масса, кг . . . . 13,2—41,5

Контакторы вакуумные КМ13

$U_{ном}$, В. . . . . 380; 660 и до 1000
$I_{ном}$, А 250; 400; 630
Предельная коммутационная способность
I включения . . . . $10I_{ном}$
I отключения . . . . $8I_{ном}$
Масса, кг . . . . 18—32,5

Контакторы вакуумные КТ12Р

$U_{ном}$, В	660	
$I_{ном}$, А	160	400
$I_{вкл}$, А	4600	8800
	2500	4800
Габариты, мм	300 × 200 × 290	325 × 210 × 325
Масса, кг	18,5	32

Таблица 3.2.5. **Технические данные высоковольтных контакторов**

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл}$, кА	Ток электродинамической стойкости, кА		Ток термической стойкости четырехсекундный, кА	Полное время отключения, с
					амплитудное значение	периодическая составляющая		
ВБТ-6-4/400УЗ	6	—	400	4	20	5	5/4	0,12
KB/TEL 0,66-6,3/630УХЛ2	0,66	1,1	630	6,3	16	6,3	6,3/3	0,03

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл}$, кА	Ток электродинамической стойкости, кА		Ток термической стойкости четырехсекундный, кА	Полное время отключения, с
					амплитудное значение	периодическая составляющая		
КВ-1М6-40-2,3-У2	6	7,2	40	2,3	5,5	2,3	2,3/4	—
КВ-1М6-100-3,9-У2			100	3,9	7,5	3,9	3,9/4	
КВ-1М6-160-3,9-У2			160		9			
КВ-1М6-250-3,9-У2			250					
КВ-1М6-400-3.9-У2			400					
КВ-2М-6-40-0,7-У2			40	0,7	4,0	2,0	2,0/4	
КВ-2М-6-100-1,0-У2			100	1,0	5,5			
КВ-2М-6-160-1,5-У2			160	1,5	6,0			
КВ-2М-6-250-3,9-У2			250	3,9	8,0	3,9	3,9/4	
КВ-2М-6-400-3,9-У2			400					

Дополнения к таблице 3.2.5

1. Контактор высоковольтный вакуумный, трехполюсный типа ВБТ-6-4/400УЗ предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях переменного тока.

Контактор состоит из вакуумных дугогасительных камер, помещенных в изоляционный корпус, и основания, на котором закреплен электромагнитный привод. Контактор может крепиться в ячейке КРУ.

По сравнению с аналогами имеет больший срок службы без ревизий, высокую надежность и быстродействие.

2. Электромагнитный, высоковольтный, модернизированный контактор типа КВ-1МУ2 предназначен для управления синхронными и асинхронными двигателями напряжением до 6 кВ и используется в установках, не подверженных атмосферным перенапряжениям. Аппарат может работать в КРУ, окружающая среда — не взрывоопасная.

3. Электромагнитный, высоковольтный, модернизированный контактор типа КВ-2МУ2 применяется в установках, не подверженных действию атмосферных перенапряжений. Предназначен для управления асинхронными и синхронными двигателями, а также используется при коммутации цепей с активной или слабоиндуктивной нагрузкой.

Таблица 3.2.6. **Основные технические данные пускателей**

Серия	Техническое исполнение	Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В						Номинальный ток, А
		36	127	220	380	500	660	
ПНВ, ПНВС, ПНВ-Т, ПНВС-Т	Магнитный, нереверсивный	— —	1,7 0,6	2,8 0,6	4,5 0,6	4,5 —	— —	12,5 5
ПА, ПА...Т	Магнитный, реверсивный и нереверсивный	1,5 2,2 4 5	4 10 17 22	10 17 30 45	17 28 55 75	17 282 55 75	— — — —	30; 40; 26 56; 63; 44 106; 110; 78 140; 146; 105
ПМЕ111, ПМЕ113, ПМЕ111Т, ПМЕ113Т ПМЕ200, ПАЕ		0,27 0,8 1,5 2,2 4 5	1,1 3 4 10 17 22	2,2 5,5 10 17 30 40	4 10 17 30 55 75	4 10 17 22 40 55	— — — — — —	6, 10 14; 23; 25 26; 36; 40 35; 60; 63 61; 106; 110 80; 140; 146
ПМА		— — — — — — —	— — — — — — —	0,8 2,2 5,5 10 17 30 40	1,5 4 10 17 30 55 75	1,5 4 10 22 40 55 100	— — 10 22 40 55 100	4 10 25 40 63 100 160
ПВИ	Магнитный, взрывозащишенный, нереверсивный	— —	— —	— —	32 125	— —	55 200	25; 63; 125 250

Серия	Техническое исполнение	Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В						Номинальный ток, А
		36	127	220	380	500	660	
ПТ	Тиристорный, реверсивный и нереверсивный	— —	— —	— —	4,5 17	— —	— —	16 40
ПТУ	Тиристорный, нереверсивный с динамическим торможением, реверсивный с динамическим торможением	— — — — —	— — — — —	34 38 60 95 —	60 65 105 164 —	— — — — —	— — — — —	63 100 160 250 400

Таблица 3.2.7. **Основные технические данные пускателей**

Тип	Назначение	Исполнение, количество главных контактов	Количество вспомогательных контактов	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А
ПМЕ-000М	Нереверсивный	3з	1з; 1з + 2р; 1з + 4р	~380	4; 6,3; 10
	Реверсивный	6з	2з + 4р(8р) 2з + 8р		
ПМА-0000	Нереверсивный; реверсивный	С кнопками или без кнопок управления	1з; 3з + 2р; 1з + 4р; 5з; 2р + 4з	~380	2,5
				~660	1,2
ПМА			2з + 2р; 4з + 2р; 2з	~380	40; 63; 80; 100; 160
				~660	25; 40; 50; 63; 100
ПМЛ			1з;1з + 1р; 2з + 2р; 3з + 3р; 3з + 1р; 5з + 1р	~380	10; 25; 40; 63; 80; 125; 200
				~660	6; 16; 25; 40; 50; 60; 120

Тип	Назначение	Исполнение, количество главных контактов	Количество вспомогательных контактов	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А
ПМ12				~380 ~660	80; 100; 160
ПМ14-10	—	—	—	~220	47
ПМ14-16					66
ПБН	Бесконтактный, нереверсивный	—	—	~220; ~380	4; 10; 25; 63
ПБР	Бесконтактный, реверсивный	—	—	~440	100; 160
ПТ	Тиристорный	—	—	~380	6,3; 10; 25; 40; 63; 160; 400

Дополнения к табл. 3.2.7.

1) Электромагнитные пускатели типа ПМЕ-000М предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети и отключения трехфазных АД с короткозамкнутым ротором. При наличии электротепловых токовых реле пускатели осуществляют также защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе, возникающих при выпадении одной из фаз. Пускатели (реверсивные и нереверсивные) выпускаются с тепловыми или без тепловых реле.

Номинальные рабочие токи пускателей с реле равны номинальным токам тепловых элементов реле РТТ-141 (0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3 А).

При напряжении 500 В переменного тока номинальный рабочий ток пускателя 2 и 3 А.

2) Электромагнитные пускатели типа ПМА-0000 имеют то же назначение, что и ПМЕ-000М. Могут выпускаться с тепловыми или без тепловых ре-

ле. Мощность втягивающих катушек при включении составляет 40 ВА, при удержании — 7 В · А.

Пускатели имеют встроенные трехполюсные тепловые реле РТТ-89.

3) Электромагнитные пускатели типа ПМА поставляются с тепловыми реле или аппаратами позисторной (тепловой) защиты, могут иметь электрическую и механическую блокировки.

С помощью аппаратов позисторной защиты типа АЗП и УВТЗ-1М осуществляется защита АД от недопустимого повышения температуры обмоток статора.

Пускатели имеют также тепловые реле типа РТТ-2П или РТТ-3П.

4) Электромагнитные пускатели серии ПМЛ имеют то же назначение, что ПМА. Мощность, потребляемая втягивающими катушками пускателей при удержании, не превышает 60 В · А. Время замыкания при номинальном напряжении не более 63 мс, а размыкания — 15 мс. Пускатели имеют тепловые реле серии РТЛ.

5) Электромагнитные пускатели серии ПМ12 имеют следующие значения номинальных рабочих токов контактов главной цепи в зависимости от напряжения главной цепи и вида исполнения (открытые или защищенные), указанные в табл.

Номинальное напряжение переменного тока включающих катушек составляет: 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 В частоты 50 Гц.

6) Электромагнитные однофазные пускатели серии ПМ14 имеют следующие дополнительные технические данные:

а) время включения пускателя не более 0,04 с;

б) допустимый сквозной ток в течение 0,1 с не более 200 А;

в) время срабатывания электротепловой защиты пускателя:

при токе 1,2 $I_{п.ном}$30 мин;

при токе 1,5 $I_{п.ном}$ 2 мин;

при токе 5 $I_{п.ном}$ 10 с;

г) время возврата электротепловой защиты не более 4 мин;

д) срок службы 8 лет.

Здесь $I_{п.ном}$ — номинальный ток пускателя.

7) Полупроводниковые (бесконтактные) пускатели типов ПБР и ПБН имеют 1, 2 или 3 канала коммутации. Время включения для пускателей с прямым пуском составляет не более 10 мс, время отключения — 15 мс.

Время срабатывания токовой защиты:

а) при $I/I_{п.ном} = 7$ не более 5 с;

б) при $I/I_{п.ном} = 1,3$ не более 300 с.

Время срабатывания защиты от КЗ составляет не более 10 мс.

8) Тиристорные пускатели типа ПТ имеют естественное воздушное охлаждение. Напряжение входных сигналов:

логического "0" 0,05 В;

логической "1" 12 В.

Таблица 3.2.8. **Номинальные рабочие токи контактов главной цепи пускателя ПМ12**

$I_{ном}$, А	$I_{ном}$ контактов главной цепи пускателя, А, при напряжениях и частоте 50, 60 Гц		
	до ~380 В	~415, 440, 500 В	~660 В
	открытые/закрытые	открытые/закрытые	открытые/закрытые
80	80/72	80/72	50/50
100	100/95	100/95	63/63
160	160/150	160/150	100/100

Дополнительные сведения по электромагнитным пускателям приведены в табл. 3.2.9, 3.2.10, 3.2.11.

Таблица 3.2.9. **Пускатели электромагнитные ПМЕ**

Величина пускателя	Тип пускателя	P_{max} управляемого эл. дв., кВт, при $U_{ном}$, В				$I_{ном}$ главной цепи пускателя, А, при $U_{ном}$, В		Размеры, мм	Масса, кг
		127	220	380	500	до 380	500		
0	ПМЕ-000	0,27	0,6	1,1	0,6	3	1,5	65×119×75÷ ÷211×260×136	0,55—4
1	ПМЕ-100	1,1	2,2	4	4	10	6	85 ×68×84÷ ÷155×130 ×388	0,55—3,3
2	ПМЕ-200	3	5,5	10	10	25	14	90×118×102÷ ÷275×191×355	1,3—5,5

Примечание. Встраиваемые тепловые реле — ТРН; виды исполнений: открытое (IP00), защищенное (IP30), пылебрызгонепроницаемое для наружной установки под навесом; допускают дистанционное управление.

Таблица 3.2.10. **Пускатели электромагнитные ПМА**

Величина пускателя	$I_{ном}$, А	Наибольшая мощность, кВт, эл. дв. с короткозамкнутым ротором при $U_{ном}$, В					Размеры, мм	Масса, кг
		220	380	440	500	660		
3	40	11,4	18,5	22	22	22	255×175 (210)×315	6,6—6,9
4	80	18,5	30	30	37	30	339 × 197 × 364	6,3—16,3
5	100	30	45	50	55	50	430 × 227 × 463	18,5—20,5
6	160	40	75	75	100	75	457 × 263 × 555	23—25

Примечания: 1. Исполнения по степени защиты: IP00, IP40 и IP54.

2. Климатическое исполнение: У, УХЛ; категория размещения: 2 и 3 (У), 3 и 4 (УХЛ).

3. Размеры и масса приведены для реверсивных пускателей (IP40).

Таблица 3.2.11. **Пускатели электромагнитные ПМЛ**

Величина пускателя	$I_{ном}$, А	$I_{ном}$ — рабочий ток контактов главной цепи пускателя в продолжительном и прерывисто-продолжительном режимах работы, А, при		Размер, мм	Масса, кг
		380/500 В	660 В		
		Исполнение по степени защиты			
		IP00 и IP54	IP00 и IP54		
1	10	10/6	4	44 ×73,8 × 67	0,32
2	25	25	16	56 × 89,1 × 77	0,53
3	40	40	25	75 × 126 × 107	1,22
4	63	63	40	75 × 150 × 126	1,28
5	80	80	50	135 × 155 × 141	3,5
6	125	125	60	156 × 155 × 141	4,6
7	200	200	120	200 × 167 × 162	6,6

Примечания: 1. Для пускателей с тепловыми реле $I_{ном}$ — рабочий ток — определяется по I_{max} продолжительного режима работы реле.

2. Все пускатели со степенью защиты IP54 имеют оболочку с уплотнением; провода вводятся и выводятся через сальники.

3. Габариты и масса указаны для нереверсивных пускателей.

Таблица 3.2.12. **Сведения о заменах электромагнитных пускателей**

Тип	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$, В	Наличие тепловых реле, их токи, А	Примечания
ПМ12-010	10	≤660	0,25÷10	Заменяют ПМЛ-1000, ПМЕ-100, ПМА-0000, ПМЕ-000, П-6
ПМ12-025	25		5÷25	Заменяют ПМЛ-2000, ПМЕ-200
ПМ12-040	40		10÷40	Заменяют ПМЛ-3000, ПМА-3000
ПМ12-0,63	63		32÷63	Заменяют ПМЛ-4000, ПМА-4
ПМЕ-200	10		5÷25	Исполнения: ПМЕ-211, ПМЕ-221, ПМЕ-213 (все без тепловых реле); ПМЕ-212, ПМЕ-214, ПМЕ-222 (все с тепловыми реле)
ПМА-3000	40	≤380	10÷40	Исполнения: ПМА-3100, ПМА-3110, ПМА-3300 (все без тепловых реле); ПМА-3200, ПМА-3400, ПМА-3210 (все с тепловыми реле)

Таблица 3.2.13. **Технические данные трехфазных тиристорных пускателей**

Типы	ПТ-16-380-У5; ПТ-16-380Р-У5	ПТ-40-380-У5; ПТ-40-380Р-У5	ПТК-100-380-БПК-1000	ПТУ-63-380
Назначение				
	Включение и отключение асинхронных эл. дв.	Включение, отключение и реверс асинхронных эл. дв.	Для коммутации и защиты от перегрузок, КЗ и обрыва фаз	Для коммутации и защиты от КЗ и перегрузок
$U_{ном}$, В	380	380	380	380
$I_{ном}$, А	16	40	100	63
I включения, А	100—130	200—360	—	—
I отключения, А	16—25	40—63	—	—

Типы	ПТ-16-380-У5; ПТ-16-380Р-У5	ПТ-40-380-У5; ПТ-40-380Р-У5	ПТК-100-380-БПК-1000	ПТУ-63-380
Стойкость при сквозных токах, А:				
термическая (при 0,1 с)	400	900	—	—
электродинамическая	560	1650	—	—
I утечки, мА	20	20	20	20
$R_{из}$ в холодном состоянии, МОм	50	50	—	—
Коммутационная способность, А	400	900	1000	1700

Таблица 3.2.14. **Выбор тепловых реле типа РТЛ магистральных пускателей МПА по степени регулирования**

Номинальный ток пускателя, А	Среднее значение тока теплового реле, А	Пределы регулирования тока срабатывания, А
10	0,14	0,1—0,17
	0,21	0,16—0,26
	0,32	0,24—0,4
	0,52	0,38—0,65
	0,8	0,61—1,0
	1,3	0,95—1,6
	2,0	1,5—2,6
	3,2	2,4—4,0
	5,0	0,1—0,17
	6,8	5,5—8,0
	8,5	7,0—10,0
25	8,5	7,0—10,0
	12,0	9,5—14,0
	16,0	13,0—19,0
	21,5	18,0—25,0
40	21,5	18,0—25,0
	27,5	23,0—32,0
	35,0	30,0—40,0

Продолжение табл. 3.2.14

Номинальный ток пускателя, А	Среднее значение тока теплового реле, А	Пределы регулирования тока срабатывания, А
63	35,0 44,0 52,0 60,0	30,0—40,0 38,0—50,0 47,0—57,0 54,0—63,0
80	60,0 71,5	54,0—63,0 63,0—80,0
125	90,0 110,0	75,0—105,0 95,0—125,0
200	110,0 140,0 175,0	95,0—125,0 120,0—160,0 150,0—200,0

Таблица 3.2.15. **Сведения о тепловых реле типа РТТ**

Тип	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$, В	Примечания
РТТ5-10	0,25÷10	≤660	Для комплектации пускателей и индивидуальной установки
	≤25		Исполнение: РТТ-11, РТТ-111 (для индивидуальной установки); РТТ-13, РТТ-131 (для комплектации пускателей серии ПМ12-025)
РТТ-1	≤40		Исполнение: РТТ-12, РТТ-121 (для комплектации пускателей серии ПМ 12-040)
	≤25		Исполнение: РТТ-14, РТТ-141 (для комплектации пускателей серии ПМЕ-200)
	≤40		То же исполнение, но для комплектации пускателей серии ПМА-3000
РТТ-2	12,5÷63		Исполнение: РТТ-21, РТТ-211

3.3. Измерительные трансформаторы тока и напряжения

3.3.1. Измерительные трансформаторы тока

Измерительные трансформаторы применяют в установках переменного тока для питания обмоток измерительных приборов, реле защиты и автоматики, приборов контроля, сигнализации и др.

Измерительные трансформаторы разделяют на трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Трансформаторы тока различают: катушечные (типы ТКЛ, ТК); проходные многовитковые (типы ТПФМ, ТПФМУ); проходные одновитковые (тип ТПОЛ); проходные шинные (тип ТПШФ) и др.

Некоторые типы трансформаторов тока выполняют с двумя сердечниками. Трансформаторы тока изготовляют следующих классов точности: 0,5; 1; 3; 10. Универсальные по использованию трансформаторы тока имеют номинальный вторичный ток 5 А. В некоторых трансформаторах тока сердечники, предназначенные для релейной защиты, — дифференциальной и земляной, обозначаются соответственно буквами Р, Д или З.

Трансформаторы тока выбирают по номинальному напряжению установки, где они должны быть включены, по номинальному току, номинальной мощности вторичной обмотки, коэффициенту трансформации и классу точности. Для того чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности, необходимо его нагрузить приборами и проводкой во вторичной цепи на соответствующую классу точности мощность. Выбранный трансформатор тока проверяют на режим короткого замыкания.

Таблица 3.3.1. **Технические данные трансформаторов тока**

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ	Класс точности		Номинальный первичный ток, А
		1-го сердечника	2-го сердечника	
ТКЛ-0,5	0,5	0,5	—	5—800
ТК-10	0,5	0,5	—	5—1000

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ	Класс точности		Номинальный первичный ток, А
		1-го сердечника	2-го сердечника	
ТК-15	0,5	0,5	—	5—1000
ТК-20	0,5	0,5	—	5—1000
ТКЛ -20	0,66	0,5	—	5—200
ТШЛ-20	0,66	0,5	—	300, 400
ТКЛ-40	0,66	0,5	—	5—400
ТКФМ-3-1	3	1	—	5—600
ТКЛ-3-0,5	3	0,5	—	5—600
ТКЛ-10-0,5/Р	10	0,5	0,5	5—200
ТПЛ-10-Р	10	0,5	—	5—200
ТПОЛ-10-Р	10	0,5	—	600, 800
ТПШЛ-10-Д/Д	10	3	3	2000
ТПФМ-10-0,5	10	0,5	—	5—400
ТПФМ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	5—400
ТПФМ-10-0,5/3	10	0,5	3	6—400
ТПФМ-10-1/1	10	1	1	5—400
ТПФМУ-10-0,5	10	0,5	—	30—300
ТПФМУ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	30—300
ТПФМУ-10-1/1	10	1	1	5—300
ТПФМУ-10-1/3	10	1	3	5—300
ТПФМД-10	10	Д	—	75—300
ТПФМУД-10	10	Д	—	75—300
ТПФМЗ-10	10	З	—	75—300
ТПФМУЗ-10	10	З	—	76—300
ТПОФ 10-0,5	10	0,5	—	600—1500
ТПОФ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	750—1500
ТПОФ-10-1/1	10	1	1	600—1000
ТПОФ-10-1/3	10	1	3	600—1000

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ	Класс точности		Номинальный первичный ток, А
		1-го сердечника	2-го сердечника	
ТПОФУ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	750—1000
ТПОФУ-10-1/1	10	1	1	600—1000
ТПОФУ-10-1/3	10	1	3	400—1000
ТПОФД-10-Д	10	Д	—	600—1500
ТПОФД-10-Д/0,5	10	Д	0,5	750—1500
ТПОФД-10-Д/3	10	Д	3	600—1500
ТПОФЗ-10-З	10	З	—	600—1500
ТПОФЗ-10-З/0,5	10	З	0,5	750—1500
ТПОФЗД-10-З/Д	10	З	Д	600—1500
ТПОФУД-10-Д/0,5	10	Д	0,5	750—1000
ТПОФУД-10-Д/1	10	Д	1	600—1000
ТПОФУЗ-10-З/0,5	10	З	0,5	750—1000
ТПОФУЗ-10-З/1	10	З	1	600—1000
ТПОЛ-10-Р	10	0,5	—	600—1500
ТПОЛ-10-0,5/Р	10	0,5	0,5	600—1500
ТПШФ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	2000—5000
ТПШФ-10-0,5/3	10	0,5	3	2000—5000
ТПШФД-10-Д/0,5	10	Д	0,5	2000—5000
ТПШФД-10-Д/З	10	Д	3	2000—5000
ТПШФЗ-10-З/0,5	10	З	0,5	2000—5000
ТПШФЗД-10-З/Д	10	З	Д	2000—5000

Примечания: 1. Обозначение трансформаторов тока: Т — тока; К — катушечный; Л — изоляция из литой синтетической смолы; Ш — шинный; Ф — с фарфоровой изоляцией; М — модернизированный; П — проходной многовитковый и проходной; О — одновитковый; У — усиленный; Д — для дифференциальной защиты; З — для защиты от замыкания на землю; Р — для релейной защиты.

2. Трансформаторы тока изготовляются на следующие номинальные токи: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1600, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000. 10 000 и 15 000 А

Таблица 3.3.2. **Технические данные трансформаторов тока нулевой последовательности**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Наибольший внешний диаметр охватываемого кабеля, мм	Цепь подмагничивания		Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА			Масса, кг
				Номинальное напряжение, В	Потребляемая мощность, В · А		10 с	4 с	1 с	
ТЗ	—	—	70	—	—	—	—	—	0,14	2,8
ТЗЛ; ТЗЛТС	—	—	70	—	—	—	—	—	0,14	3,5
ТЗРЛ-3; ТЗРЛТ-3	0,66	—	70	—	—	—	—	0,07	—	6,2
ТЗР-1	—	—	65	—	—	—	—	—	0,14	9
ТЗЛМ-1У (Т)3	—	—	70	—	—	—	—	—	0,14	3,9

Примечание. Обозначение типа трансформатора: Т — трансформатор тока или тропическое исполнение (если буква Т стоит на последнем месте); З — для защиты от замыканий на землю; Л — с литой изоляцией; М — модернизированный; Р — разъемный; числа после дефиса у трансформаторов — модификация исполнения.

Таблица 3.3.3. **Параметры ТТНП, используемые при расчетах защит от замыканий на землю**

Тип ТТНП	$w_{2ТНТП}$	$Z_{нам}$, Ом	$Z'_{нам}$, Ом	$X_{нб}$, Ом
ТЗР	18	1	—	—
ТЗ	25	10	—	—
ТЗЛ	25	10	—	—
ТЗЛМ	25	10	0,0015	0,33—1,33
ТЗЛ-95	25	10	—	—
ТЗРЛ	30	3,5	0,0012	0,9—4,5

Таблица 3.3.4. **Трансформаторы тока напряжением выше 1 кВ**

Тип	$I_{ном}$ первичный, А	Варианты исполнений вторичных обмоток	Электродинамическая стойкость (кратность), кА	Трехсекундная термическая стойкость, кА	Номинальная вторичная нагрузка, В·А		Номинальная предельная кратность защитной обмотки, кА	Масса, кг
					измерительной обмотки	защитной обмотки		
Для внутренних установок								
ТЛМ-6	300; 400	1/10Р	125	33	10	15	20	27
	600—1500	0,5/10Р						
ТОЛК-6	50; 80	1; 10Р	340	40	30	30	5,5	11,3
	100—200/300—600		26	4,6/11				
ТПЛ-10	30—200	10Р; 0,5/10Р	250	45	10	15	13	10—19
	300, 400	10Р/10Р	170	45; 35				
ТПЛУ-10	30—100	10Р; 0,5/10Р; 10Р/10Р	250	60	10	15	13	10—19
ТПОЛ-10	600; 800	0,5/10Р	81	32	10	15	19; 23	18
	1000/1500		69/45	27/18			20/25	
ТЛ-10	50—400	0,5/10Р	51	50	10	15	15	47
	600; 800/1000		128	50/40	10/20	15/30	17/20	
ТОЛ-10	50/100—200	0,5/10Р	350/52	50	10	15	10	25
	300; 400/600; 800	10Р/10Р	100	18,4/23				
	1000; 1500		100	36				
ТЛМ-10	50—150/200	0,5	350/260	50	10	15	15	27
	300; 400/600—800	10Р	100	18,4/23				
	1000; 1500	0,5/10Р	100	36			10	

Продолжение таблицы 3.3.4

Тип	$I_{ном}$ первичный, А	Варианты исполнений вторичных обмоток	Электродинамическая стойкость (кратность), кА	Трехсекундная термическая стойкость, кА	Номинальная вторичная нагрузка, В·А		Номинальная предельная кратность защитной обмотки, кА	Масса, кг
					измерительной обмотки	защитной обмотки		
ТПЛК-10	10—100	0,5/10Р	250	47	10	15	12	47
	150—400		74,5				17	
	600; 800	10Р/10Р	74,5					
	1000; 1500		74,5				20	
ТПОЛ-20	400	1/10Р; 10Р/10Р	120	40	20	15	13	43
	600/800; 1000/1500	0,5/10Р; 10Р/10Р				20/30/50	18/24/26	
ТПОЛ-35	400	1/10Р; 10Р/10Р	100	40	20	15	13	55
	600/800; 1000/1500	0,5/10Р; 10Р/10Р		40/40/35		20/30/50	18/24/26	
ТШЛ-10	2000-5000	0,5/10Р; 10Р/10Р	—	35	20	30	25	26
ТПШЛ-10	4000; 5000	0,5/10Р; 10Р/10Р	—	35	20	30	23	43
ТШЛО-20	400	10Р	200	19	—	20	15	23
ТШ-20	8000-12 000	0,2; 10Р	—	160	30	30	9	41—49

Тип	$I_{ном}$ первичный, А	Варианты исполнений вторичных обмоток	Электродинамическая стойкость (кратность), кА	Трехсекундная термическая стойкость, кА	Номинальная вторичная нагрузка, В·А		Номинальная предельная кратность защитной обмотки, кА	Масса, кг
					измерительной обмотки	защитной обмотки		
Для наружных установок								
ТФЗМ-35А	15—600/800—1000	0,5/10Р	40/130	30	50	20	28	250
ТФЗМ-35Б-II	500; 1000/2000;3000	0,5/10Р/10Р	125/145	49/57	30	50	18	430
ТФЗМ-110Б-II	750—1500/1000—2000	0,5/10Р/10Р	100	34	20	20	30	840
ТФЗМ-150Б-II	1000—2000	0,5/10Р/10Р/10Р	113	41,6	30	50	30; 25; 25	1165
ТФЗМ-220Б-IV	500—1000—2000	0,5/10Р/10Р/10Р	50	39,2	30	50	25	2380
ТФРМ-330Б	1000—2000; 1500—3000	0,5/10Р/10Р/10Р/10Р	160	21	30	40	20	3750
ТФРМ-500Б	1000—2000; 1500—3000 2000—4000	0,5/10Р/10Р/10Р/10Р	120	45	30	40	18/15	6070
ТФРМ-750А	1000—4000	0,5/10Р/10Р/10Р/10Р	120	45	30	40	12	8400

Примечания: 1. В обозначении типа: Т-ТТ; З — обмотки звеньевого типа; К — катушечный; Л — с литой изоляцией; М — малогабаритный или с масляным заполнением; О — одновитковый или опорный; П — проходной; Р — вторичная обмотка рымовидного типа; Ф — фарфоровая покрышка; Ш — шинный; число — $U_{1ном}$, кВ.

2. Шкала $I_{1ном}$, А: 1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 500;600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10 000; 12 000; 14 000; 16 000; 18 000; 20 000; 25 000; 28 000; 30 000; 32 000; 35 000; 40 000; шкала $I_{2ном}$, А: 1; 5.

3. Вторичная нагрузка при $\cos\varphi_2 = 0,8$, В · А: 2,5; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100.

Трансформаторы тока типа ТВЛМ имеют следующие технические данные.

Номинальное напряжение, кВ 6
Номинальный первичный ток, А .... 10÷400
Номинальный вторичный ток, А 5
Номинальная частота, Гц 50
Номинальная вторичная нагрузка при cosφ = 0,8, В·А 15
Номинальная предельная кратность 4,5
Число вторичных обмоток 1

Термическая и электродинамическая стойкости даны в табл. 3.3.5.

Таблица 3.3.5. **Термическая и электродинамическая стойкости трансформаторов тока типа ТВЛМ**

Номинальный первичный ток, А	Ток односекундной термической стойкости, кА	Ток электродинамической стойкости, кА
10	0,64	3,5
20	1,32	7
30	1,96	10,6
50	3,6	17,6
75	4,9	26,4
100	6,9	35,2
150	9,7	52,0
200	13,8	
300	17,5	
400	20,0	

Трансформаторы тока типа ТШЛП-10 устанавливают в КРУ и они имеют следующие технические данные.

Номинальное напряжение, кВ 10
Номинальные первичные токи, А 1500, 2000, 3000
Номинальный вторичный ток, А 5
Номинальная частота, Гц 50
Ток термической стойкости (t = 3 с), А 31,5
Номинальная предельная кратность:
— для токов 1500—2000 А 16
— для токов 3000 А 11
Номинальная вторичная нагрузка при cosφ = 0,8, В·А .. 30

Трансформаторы тока типа ТЛК-10 (с односекундным током термической стойкости 40 кА) по своим техническим характеристикам превосходят аналогичные типа ТОЛ-10, а также более чем в два раза дешевле.

Технические данные трансформаторов тока типа ТЛК-10 . . . . . .

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальные первичные токи, А	30÷1500
Номинальный вторичный ток, А	5
Номинальная частота, Гц	50
Число вторичных обмоток	2

Термическая и электродинамическая стойкости даны в табл. 3.3.6.

Таблица 3.3.6. **Термическая и электродинамическая стойкости трансформаторов тока типа ТЛК-10**

<table>
<tr><th rowspan="2">Номинальный первичный ток, А</th><th colspan="5">Ток термической стойкости, кА при t, с</th><th rowspan="2">Ток электродинамической стойкости, кА</th><th colspan="2">Номинальная предельная кратность обмоток</th></tr>
<tr><th>1</th><th>1,5</th><th>2</th><th>2,5</th><th>3</th><th>№ 1</th><th>№ 2</th></tr>
<tr><td>30</td><td>3,2</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>1,6</td><td>8</td><td rowspan="7">—</td><td rowspan="2">10</td></tr>
<tr><td>50</td><td>8</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>4</td><td>25</td></tr>
<tr><td>75
100
150
200</td><td>20
(40)</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>10</td><td rowspan="3">52</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">300
400</td><td rowspan="2">31,5</td><td rowspan="2">(40)</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="5">10</td></tr>
<tr><td>5</td></tr>
<tr><td>600</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">(40)</td><td rowspan="4">(40)
(40)</td><td rowspan="4">(40)</td><td rowspan="4">31,5</td><td>10</td></tr>
<tr><td>800</td><td rowspan="3">81</td><td>8</td></tr>
<tr><td>1000</td><td rowspan="2">10</td></tr>
<tr><td>1500</td></tr>
</table>

Трансформаторы тока типов ТОП, ТШП, ТОЛ, ТЛШ, ТШЛ, ТПЛ, ТПОЛ, ТОЛК, ТНШ, ТНШЛ, ТШЛП, ТЗЛМ, ТЗРЛ, ТЗЛ, ТЗЛЭ, ТЗЗ имеют гарантийный срок эксплуатации — 3 года, срок службы трансформаторов — до 25 лет. Литая изоляция (эпоксидная и полиуретановая) обеспечивает высокую электрическую прочность, полную герметизацию, минимальное техобслуживание, безопасность и др.

Технические данные этих трансформаторов приведены в табл. 3.3.7.

Таблица 3.3.7. **Трансформаторы тока, класс точности 0,5, ток вторичной обмотки 5 А (для ТОП 0.66, ТШП 0.66 и ТОЛ 35Б-III — 1 А или 5 А)**

<table>
<tr><th>Тип</th><th>Класс напряжения, кВ</th><th colspan="2">Номинальный первичный ток, А</th></tr>
<tr><td>ТОЛ 10</td><td rowspan="2">10</td><td colspan="2">от 300 до 1500</td></tr>
<tr><td>ТОЛ 10-I</td><td colspan="2">от 5 до 1500</td></tr>
<tr><td>ТОЛ 35Б-I</td><td rowspan="4">35</td><td colspan="2">от 15 до 1000</td></tr>
<tr><td>ТОЛ 35Б-II</td><td colspan="2">от 15 до 2000</td></tr>
<tr><td>ТОЛ 35Б-III</td><td colspan="2">от 500 до 3000</td></tr>
<tr><td>ТПОЛ 10</td><td colspan="2">от 20 до 1500</td></tr>
<tr><td>ТЛШ10</td><td rowspan="2">10</td><td colspan="2" rowspan="2">от 2000 до 5000</td></tr>
<tr><td>ТШЛ 10</td></tr>
<tr><td>ТОЛК</td><td>6 или 10</td><td colspan="2">от 50 до 600</td></tr>
<tr><td>ТШЛ 0.66</td><td rowspan="3">0.66</td><td colspan="2">от 2000 до 5000</td></tr>
<tr><td>ТНШ 0.66</td><td colspan="2">15000, 25000</td></tr>
<tr><td>ТНШЛ 0.66</td><td colspan="2">от 800 до 10000</td></tr>
<tr><td>ТПЛ</td><td>20 или 35</td><td colspan="2">от 300 до 1500</td></tr>
<tr><td>ТШЛП 10</td><td>10</td><td colspan="2">1000, 2000</td></tr>
<tr><td>ТШЛ 20</td><td>20</td><td colspan="2">от 6000 до 10000</td></tr>
<tr><td>ТОП 0.66</td><td rowspan="7">0.66</td><td colspan="2">от 1 до 250</td></tr>
<tr><td>ТШП 0.66</td><td colspan="2">от 300 до 1500</td></tr>
<tr><td>ТЗЛМ</td><td rowspan="5">Ток чувствительности</td><td>8.5</td></tr>
<tr><td>ТЗРЛ</td><td>25</td></tr>
<tr><td>ТЗЛ 1</td><td>7</td></tr>
<tr><td>ТЗЛЭ-125 УХЛ</td><td>2.8</td></tr>
<tr><td>ТЗЗ-4</td><td>3</td></tr>
</table>

Таблица 3.3.8. **Трансформаторы тока для внутренней установки**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТВЛМ-6-1	6	10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	5	—	—	1	15	—	—	—	3,5; 7; 10,6; 17,6; 26,6; 35,2; 52; 52; 52; 52	0,64; 1,32; 1,96; 3,6; 4,9; 6,9; 9,7; 13,8; 17,5; 20,5	5,3
ТВЛМ-10*	10	20; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	5	—	0,5/Р; Р/Р	—	15; 10	—	—	—	7; 10,6; 17,6; 35,2; 52; 52; 52; 52	0,94/4; 1,45/4; 2,45/4; 4,85/4; 6,25/4; 8,75/4; 12,5/4; 15/4	20; 20,5
ТОЛК-6,05	6	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 500	5	—	—	1	30	—	—	—	7; 10,5; 14; 17,6; 25; 25; 25	0,66/4; 0,98/4; 1,4/4; 1,8/4	11

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТЛМ-6УТЗ	6	300; 400	5	1/Р	1	10/15	—	—	—	125	—	25/4	27
	6	600; 800	5	0,5/Р	0,5	10/15	—	—	—	125	—	25/4	27
	6	1000; 1500	5	0,5/Р	0,5	10/15	—	—	—	125	—	25/4	27
ТПЛК-10	10	10; 15; 30; 50	5							2,47; 3,7; 7,4	—	0,45/4; 0,675/4; 1,35/4	47
	10	100—400	5	0,5/10Р; 10Р/10Р	0,5 10Р	10 15	— —	— —	— —	74,5	—	2,25/4; 14,5/4	—
	10	600; 800	5							14,8	—	19/4	—
	10 10	1500	5							74,5	—	27/4	—

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТЛМ-10-1 ТЛМ-10-2	10	50	5	0,5/10Р; 10Р/10Р		10Р	—	—	—	17,6	—	2,8(3)	—
	10	100	5							35,2	—	6,3(3)	—
	10	150	5							52	—	7,2(3)	—
	10	200	5		0,5	10	—	—	—	52,0	—	10,1(3)	—
	10	300; 400	5		0,5-10Р	15		—	—	100,0	—	18,4(3)	—
	10	600; 800	5		0,5-10Р	—		—	—	100,0	—	23,3(3)	—
	10	1000; 1500	5							100,0	—	26,3(3)	—
ТЛ-10УЗ; ТЛ-10Т3	10	50	5							51	—	2,5/4	—
	10	100	5							51	—	5,0/4	—
	10	150	5							51	—	7,5/4	—
	10	200	5	0,5/Р	— 0,5	10	—			51	—	10,0/4	—
	10	300	5		Р	—	15			51	—	15,0/4	—
	10	400	5							51	—	20,0/4	—
	10	600; 800	5							81	—	31,5/4	—
		1000			0,5	2,0	—	—					
	10	1500	5	0,5/Р	Р	—	30	—	—	81	—	31,5	—

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТЛ-10УЗ; ТЛ-10Т3	10	2000	5	0,5/Р	Р	—	30	—	—	81	—	31,5/4	—
	10	2000	2,5	Р/Р	Р	—	—	15	—	81	—	31,5/4	—
	10	3000	5	0,5/0,5	0,5	14	—	—	—	81	—	31,5/4	—
	10	3000	2,5	Р/Р	Р	—	—	15	—	81	—	31,5/4	—
ТПК-10	10	50;	5	—	0,5	10	—	—	—	25	—	8/1	20
	10	75; 100	5	—	10Р	10	—	—	—	52	—	20/1	—
	10	150; 200	5							52	—	31,5/1	16,5
	10	300; 400	5							81	—	31,5/3	—
	10	600; 800	5							—	—	—	—
	10	1000; 1500	5							—	—	—	—
ТПОЛ-10УЗ	10	600; 800	5	10Р;	0,5	10	—		81; 81	—	32(3)	—	18
	10	1000; 1500	5	10Р/10Р;	10Р	0,6	—	—	69	—	27(3)	—	—
	10		5	0,5/10Р		15	—	—	45	—	15(3)	—	—

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТПОЛ-10Т3	10	600	5		0,5	10	—	—	81	—	32(3)	—	18
		800		10Р;	10Р				81	—	32(3)	—	—
				10Р/10Р									
	10	1000	5	0,5/10Р		0,6	—	—	69	—	27(3)	—	—
	10	1500	5			15	—	—	45	—	18(3)	—	—
ТПОЛМ-10*	10	400; 600;	5		0,5	15	—	—	160		65/1	—	—
		800		0,5/Р; Р/Р	Р				—		—	—	—
	10	1000;	5			15	—	—	155		65/1	—	—
		1500											
ТПОЛМ-10Т*	10	400; 600	5	0,5/Р; Р/Р	0,5	15	—	—	160	—	65/1	—	—
		800			Р								
	10	1000;	5			15	—	—	155	—	65/1	—	—
		1500											
ТПШЛ-10У3	10	4000	5	10Р; 0,5/10Р	0,5	—	—	—	20	—	35/3	—	43
	10	5000	5	10Р	10Р				30	—	—	—	—

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТПШЛ-10Т3	10	4000; 5000	5	10Р; 0,5/10Р; Р/10Р	0,5	—	—	—	20	—	35(3)	—	43
					10Р	—	—	—	30	—	—	—	—
ТОЛ-10У3	10	50	5						—	17,6	—	2,45/4	25
ТОЛ-10Т3	10	100	5						—	52	—	4,85/4	25
	10	150	5	Р/Р					—	52	—	6,25/4	25
	10	200	5		0,5	10	—	15	—	52	—	8,75/4	25
	10	300; 400	5		3	—	—	—	—	100	—	16/4	25
	10	600; 800	5						—	100	—	20/4	25
	10	1000; 1500	5						—	100	—	31,5/4	25
		1000; 1500	5	Р/Р	3	—	—	—	—	100	—	31,5/4	25
ТШЛП-10УТ3	10; 11	1000; 200	5	0,5/Р; Р/Р	0,5	20	—	—	—	35/4	—	—	—
ТШЛПК-10УТ3	10; 11	1000; 200	5		Р	30	—	—	—	35/4	—	—	—

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТШЛ-10УТ3 ТШЛК-10УТ3	10; 11 10; 11	2000; 3000 4000; 5000	5 5	0,5/Р; Р/Р	0,5 Р	20 30	— —	— —	— —	35/4 35/4	— —	— —	— —
ТШЛ-6Т*	6	8000	5	0,5/Р	0,5	1,2	—	—	—	—	—	20/4	—
ТПЛ-10У3	10 10 10	5—200 300 400	5 5 5	10Р;0,5/10Р; 10Р/10Р	0,5 10Р	10 15	—	— —	— —	— —	250 175 165	34/3 34/3 34/3	10 16
ТПЛУ-10У3	10	10—100	5	10Р; 0,5/10Р; 10Р/10Р	0,5 10Р	10 15	— —	— —	— —	— —	250 —	34/3 —	10 16
ТПЛ-10Т3	10 10 10	50—200 300 400	5 5 5	10Р; 0,5/10Р; 10Р/10Р	0,5; 10Р	10 15	— —	— —	— —	— —	250 175 165	34/3 — —	10 16 —
ТПЛУ-10Т3	10	50—100	5	10Р; 0,5/10Р 10/10Р	0,5; 10Р	10; 15	—	—	— —	— —	250 —	34/3 —	10; 16

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТЛШ-10У3(Т3)	10	2000; 3000	5	Н/Р; Р/Р	0,5	20	—	—	81	—	31	26	—
			5		—	—	30	—	—	—	—	—	—
ТШ-20-УХЛ3	20	8000; 10000;	5	—	10Р	30	—	—	—	160(3)	—	45	—
ТШ-20-Т3		12000	5	—	0,2	—	—	—	—	—	—	49	—
			5	—									
ТШ-24	24	2000	5	—	10Р	100	—	—	—	—	—	—	—
					0,2	—	—	—	—	—	—	—	105
ТШЛО-20	20	400	5	Р	0,5; Р	20	—	—	—	82	—	7500/4	3
ТПОЛ-20	20	400	5	1/10Р; 10Р/10Р	10Р; 10Р	—	15	—	—	120	—	16(3)	43
ТПОЛ-20	20	600	5	0,5/10Р	0,5; 10Р	20	—	—	—	120	—	24(3)	43
	20	800	5	10Р/10Р	0,5; 10Р	30	—	—	—	120	—	32(3)	43
	20	1000; 15000	5		0,5; 10Р	50	—	—	—	120	—	40(3); 60(3)	43

Продолжение таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТПОЛ-20Т	20	400; 600	5	10Р	Р	20	—	—	75	—	40/4	—	—
		800	5	0,5	—		—	—	—	—	—	—	—
ТШВ-24	24	24000	5	0,5	10Р	—	—	—	—		6/3	—	—
		3000	5		0,2	100	—	—	—	—	6/3	—	106
ТПОЛ-27	27	1500	5	Р/Р	Р	20			70		20/4		105
ТПОЛ-27	27	2500	5	Р/Р	Р	—	—	—	50	—	20/4	—	95
ТПОЛ-35	35	400	5	10Р/10Р; 1/10Р	1; 10Р	15	—	—	—	100	—	16/3	55
	35	600	5	10Р/0,5; 10Р/10Р	0,5; 10Р	20	—	—	—	100	—	24(3)	55
	35	800	5	10Р/0,5; 10Р/10Р	0,5; 10Р	30	—	—	—	100	—	32(3)	55

Окончание таблицы 3.3.8

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТПОЛ-35	35	1000	5	10Р/0,5; 10Р/10Р	0,5; 10Р	50	—	—	—	100	—	40(3)	55
	35	1500	5	10Р/0,5; 10Р/10Р	0,5 10Р	50	—		—	100	—	52(3)	55

*Сняты с производства.

Примечание. Обозначение типа трансформатора: Т — трансформатор тока или в тропическом исполнении (если Т стоит после цифры); К — катушечный, для КРУ; П — проходной или для установки на плоских шинах; О — одновитковый (стержневой) или опорный (ТОЛ); Л — с литой изоляцией или лабораторный; В — втулочный или с воздушной изоляцией; У — усиленный или для районов с умеренным климатом (если У стоит после цифры); М — модернизированный или малогабаритный; ХЛ — для районов с холодным климатом; число после первого дефиса — номинальное напряжение, кВ; цифра 1 в конце — первый вариант или для работы на открытом воздухе; 2 — второй вариант или для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Таблица 3.3.9. **Трансформаторы тока для наружной установки**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТКЛН-10	10	10—200	5	0,5/Р; Р/Р	0,5 Р	—/0,4 —	— —	— 0,6	100 —	— —	50/1 —	— —	20
ТФНД-33Т ТФЗМ-33А-Т1	33; 35 33; 35	100—400 600; 1200	5 5	Р/Р/0,5	0,5 Р	30/1,2 30/1,2	60/2,4 60/2,4	— —	— —	14, 21 28; 42; 56; 84; 169	—	4/4; 6/4 8/4; 12/4 16/4 24/4 48/4	420
ТФН-35М (ТФЗМ-35А-У1; ТФЗМ-35А-ХЛ1)	35	15—800 1000	5 5	0,5/Р	0,5 Р	—/2 —/0,8	—/4 —/4	— —	150 100	—	65/1 65/1	— —	— —
ТФНД-35М (ТФЗМ-35Б1У1)	35 35 35	15—600 800; 1000 1000; 2000	5 5 5	0,5/Р/Р	0,5 Р	—/1,2 —/1,2	—/2,4 —/2,4	— — —	150 100 50	— — —	— 32; 5/4 3 2; 5/4	— — —	— —

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФЗМ-35А-ХЛ1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	5	0,5 10Р	0,5 10Р	50 20	— —	— —	— —	— —	— —	— —	200 —
ТФЗМ-35М-У1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600	5	—	0,5 10Р	50 20	100	—	—	3; 4; 6; 8; 10; 15; 21; 31; 42; 63; 84; 127	—	0,6/3; 0,7/3; 1,1/3; 1,5/3; 1,9/3; 2,3/3; 3,5/3; 5,8/3; 7/3; 11,6/3; 15/3; 22/3	240

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФЗМ-35Б-IУ1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000	5	—	0,5 10Р	30 30	60	—	—	3; 4; 6; 8; 10; 15; 21; 31; 42; 63; 3; 4: 6; 8; 10; 15; 21; 31: 42: 63; 84; 127; 107: 134; 106; 141	—	0,7/3; 1/3; 1,5/3; 2,1/3; 2,3/3; 3,5/3; 0,7/3; 1/3; 1,5/3; 2,1/3; 2,3/3; 3,5/3; 4,7/3; 7/3; 10,5/3; 15/3; 21/3; 31/3; 31/3; 37/3; 41/3	500
ТФЗМ-35Б-IIУ1	35	500	5	—	0,5	30	—	—	—	125	—	55/3	500
		1000	5		10Р	50	—	—	—	125	—	49/3	
		2000	5							145	—	49/3	
		3000	5							145	—	57/3	
		1000	1		0,5	30	—	—	—	125	—	57/3	
		2000	1		10Р	50	—	—	—	145	—	49/3	
		3000	1							145	—	57/3	

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФЗМ-33А-Т1	33	100; 150; 200; 300; 400; 600; 1200	5	—	0,5; 10Р	30; 20	60 —	— —	— —	14; 21; 7; 28; 42; 56; 84; 169	—	4,6/3; 7/3; 9/3; 14/3; 18/3; 28/3; 56/3	420
ТФЗМ-66В-Т1	66	200—400 600—1200	5	—	0,5 10Р	30 30	— —	— —	— —	24—48 48—96	— —	9/3—18/3 18/3—36/3	830
ТФНР-35 (ТФЗМ-35Б-IIУ1)	35 35	500; 1000 2000; 3200	5 5	0,5/Р/Р	0,5 Р	—/1,2 —/2	— —	— —	— —	125 145	49/4 57/4	49/4 57/4	— —
	35 35	1000; 2000; 3200	1 1	0,5/Р/Р	0,5 Р	30/— 50/—	— —	— —	— —	125 145	49/4 57/4	49/4 57/4	— —
ТФН-66СТ	66	200—400	5	Р/Р/0,5	0,5 Р	—/1,2 —/1,2	— —	— —	120	—	50/3	—	—

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНУ-66СТ	66	200—400	5	Р/Р/0,5	0,5	—/1,2	—	—	—	24—48	—	9,4—18,8/4	—
	66	600—1200	5		Р	—/1,2	—	—	—	48—96	—	—	—
ТФНД-110М (ТФЗМ-110Б-1У1)	110	50—600	5	0,5/Р/Р	0,5	—/1,2	—	—	150	—	43,3/3	—	—
	110	400—800	5		Р	—/1,2	—	—	110	—	34,6/3	—	—
ТФНД-110М-ХЛ	110	50—600	5	0,5/Р/Р	0,5	—/1,2	—	—	150	—	43,3/3	—	—
	110	400—800	5		Р	—/1,2	—	—	110	—	34,6/3	—	—
ТФНД-110М-II	110	750—1500	5	0,5/Р/Р	0,5	—/0,8	—	—	75	—	60/1	—	—
	110	1000—2000	5		Р	—/0,8	—	—	75	—	60/1	—	—
(ТФЗМ-110Б-IIУ1)	110	750—1500	1	0,5/Р/Р	0,5	20/—	—	—	75	—	60/1	—	—
		1000—2000				20/—	—	—		—		—	—

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНД-110М-II-ХЛ	110	750—1500	5	0,5/Р/Р	0,5	—/0,8	2,0/—	—	75	—	34,6/3	—	—
		1000—2000			Р	—/0,8	2,0/—		—		—	—	
		750—1500	1		0,5	20/—	50	—		—		—	—
		1000—2000			Р	20/—	50					—	—
ТФЗМ-110Б-1У1	110	50—100	5	—	0,5	30	100	—	—	10—20	—	2/3—4/3	540
		75—150		—	10Р	30	—	—	—	15—30	—	3/3—6/3	
		100—200		—					—	21—42	—	4/3—8/3	
		150—300							—	31—62	—	6/3—12/3	
		200—400							—	42—84	—	8/3—16/3	
		300—600							—	63—126	—	13/3—26/3	
		400—800							—	62—124	—	14/3—28/3	
ТФЗМ-100Б-IIУ1	110	750—1500	5	—	0,5	20/—	—	—	—	79—158	—	26/3—52/3	1120

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФЗМ-		1000—2000	5	10Р	10Р	20/—	—	—		—	106—212	34/3—68/3	—
100Б-IIУ1		750—1500	1	—	0,5		—	—	—		79—158	26/3—52/3	1120
		1000—1200		10Р	10Р		—	—		—	106—212	34/3—68/3	—
ТФНУ-	132	200—400	5							49—90	—	11—22	1645
132СТ		300—600			0,5	30/—	—	—	—		—		
		500—1000		0,5/Р/Р	Р		—	—	—		—	17—34	
		600—1200											
		750—1500						—	—				
		200—400	1				—	—	—		—	11—22	
		200—400									—	17—34	
		200—400									—	17—34	
		200—400									—	17—34	
		200—400									—	17—34	
ТФНД-150-1	150	600—1200	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	—/1,6	—	—	—	62	24,6/3	—	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
(ТФЗМ-150-IУ1) ТФНД-150-1-ХЛ	150	600—1200	1 5 1	0,5/Р/Р/Р	Р 0,5 Р 0,5 Р 0,5 Р	—/2,0 40/— 50/— 1,6/— 2,0/— 40/— 50/—	—	— — —	— — —	62	24,6/3	— — —	— — —
ТФЗМ-150-IУ1	150	600—1200	5 1	0,5 10Р 0,5 10Р	0,5 10Р 0,5 10Р	40/— 50/— 40/— 50/—	— — —	— — —	— — —	52—104	14— 28(3с) 14— 28(3с)	— —	1060 1060
ТФЗМ-150Б-IIУ1	150	1000—2000	5	0,5 10Р	0,5 10Р	30/ 50/	—	—	—	113—226	41,6— 83,2	—	1165

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНР-150/2000 (ТФЗМ-150Б-IIУ1)	150	1000—2000	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2/—	—	—	—	—	—	—	—
					$Р_1$	1,4/—	—	—	75	—	60/3	—	—
			1		$Р_2$, $Р_3$	1,6/—	—	—	—	—	—	—	—
					0,5	30/—	—	—	—	—	—	—	—
					$Р_1$	31/—	—	—	75	—	60/3	—	—
					$Р_2$, $Р_3$	40/—	—	—	—	—	—	—	—
ТФНР-150Т	150	600—1200	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	40/	—	—	52; 104	—	14/3	—	1450
			1		Р	50/	—	—	—	—	28/3	—	—
					0,5	40/	—	—	52; 104	—	14/3	—	1450
					Р	50/	—	—	—	—	28/3	—	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНД-220-I-ХЛ (ТФЗМ-220Б-III)	220	300—600—1200	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2	3	—	60	—	60/1	—	—
			5		P_1	1,2	3	—		—		—	—
					P_2, P_3	2	4	—					
			1		0,5	30/—	75	—		—		—	—
			1		P_1	30/—	75	—		—		—	—
					P_2, P_3	50—	100						
ТФНД-220-I-ХЛ	220	300—600—1200	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2	3	—	60	—	—	—	—
			1		P_1,	1,2	3	—	—	—	34,3/3	—	—
					P_3 P_2	2	4	—					
					0,5	30/—	75	—	—	—	34,3/3	—	—
					P_1	30/—	75	—	—	—	—	—	—
					P_2 P_3	50/—	100	—	—	—	—	—	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНУ-220ТС	220	300—600	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2	—	—	90	—	34/3	—	—
		400—800			P_3	1,2	—	—	60	—		—	—
		600—1200			P_1, P_2	0,8	—	—	90	—		—	—
		750—1500			0,5	30/—		—	60	—		—	—
		300—600	1		P_3	30/—	—	—	90	—		—	—
		400—800			P_1, P_2	20/—	—	—	60	—		—	—
		600—1200			—	—/30	—/30	—	90	—		—	—
		750—1500			—	—/20	—	—	60			—	
ТФНД-220-3Т	220	300—600	5	$0{,}5/P_1/P_2/P_3$	0,5	1,2/—	—	—	—	27—54	—	10—20	3510
		400—800			P_1	2,0/—	—	—	—	24—48	—	9—18	
		600—1200			P_2	2,0/—	—	—	—	54—108	—	20—40	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФНД-220-3Т		750—1500	5	0,5/Р/Р/Р	P_3	1,2/—	—	—	—	45—90	—	17—34	
		300—600	1		0,5	—/30	—	—	—	27—54	—	10—20	3510
	220	400—800			P_1	—/50	—	—	—	24—48	—	9—18	
		600—1200			P_2	—/50	—	—	—	54—108	—	20,4—40,8	
		750—1500			P_3	—/30	—	—	—	45—90	—	17—34	
ТФНД-220-IУ (ТФЗМ-220-IVУ1)	220	550—1000—2000	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2/—	—	—	—	—	—	—	—
					P_1; P_2	2,0/—	—	—	—	100	—	22,7/3	—
					P_3	1,2/—	—	—	—	—	—	—	—
		500—1000—2000	1	0,5/Р/Р/Р	0,5	30/—	—	—	—	—	—	—	—
					P_1	50/—	—	—	—	100	—	22,7/3	—
					P_2; P_3	30/—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФЗМ-220Б-IIIУ1	150	1000—2000	1	0,5	0,5	30/—	—	—	—	113—226	—	41,6—83,2(3с)	1165
					10Р	50/—	—	—	—	—	—	—	—
	220	300—600	5	—	0,5	—/30	—	—	—	25—50—100	—	9,8—19,6—39,2(3с)	2260
					10Р	50/50/30	—	—	—	25—50—100	—		—
	220	300—600—1200	1	—	0,5 10Р	10/50/30	—	—	—	100	—	9,8—19; 6—39; 2(3с)	—
ТФЗМ-220Б-IVУ1	220	500—1000—2000	5	—	0,5	30/—25/25/20	—	—	—	25—50—100	—	9,8—19,6—39,2 —	2380
				—	10Р		—	—	—	100			
				—	0,5								—
		500—1000—2000	1	—	10Р	30/—	—	—	—	—	—	9,8—19,6 - 39,2	2380
						25/25/20	—	—	—	25—50—100	—	—	—

Продолжение таблицы 3.3.9

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТФКН-330А (Б)	330	500—1000—2000	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	50	50	—	70	—	36,8/2	36,8/2	2360
		500—1000—2000	1		10Р			—		—		—	
ТРН-330Б-ПУТ	330	1000—2000			0,2	15	—	—	—	160	—	63/1	3850
		1500—3000	1	Р/Р/Р/Р/0,2	10Р	40	—	—	—				
ТФНКД-500А (Б)-1	500	500; 1000; 2000	1	Р/Р/Р/1(Р)/0,5	0,5 10Р	30; 50; 75	— — —	— — —	—	22—44	—	8/1—16/1	6096
ТФНКД-50ОТ	500	1000—2000	1	0,5/Р/Р/Р	0,5 Р	30 75	— —	— —	—	22,5—45	—	18/1	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В · А/Ом, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/допустимое время, отн. ед/с	допустимый ток/допустимое время, кА/с	
ТРН-500 (ТРН-500У1)	500	1000—2000	1	0,5/Р/Р/Р	0,5; Р	30; 75	—	—	—	85	—	34/1	—
		1000—2000	1	—	0,5	30	—	—	—	120	—	47/1	—
		1500—3000	1	0,5/Р/Р/Р/Р	Р	—	40	—	—	120	—	47/1	—
		2000—4000	1	—	—	—	—	—	—	120	—	47/1	—
ТРН-750У1	750	1000—2000	1	0,5/Р/Р/Р/Р	0,5	30	20	—	—	120	—	47/1	10640
		1500—3000	1		Р	—	—	40	—		—		10640
		2000—4000	1		—	—	—	—	—		—		10640

* Снят с производства.

Примечания: 1. Обозначение типа трансформатора: Т — трансформатор тока или в тропическом исполнении (если Т стоит после цифры); К — с кабельно-конденсаторной изоляцией (ТФКН), каскадный (ТФНКД-500); Ф — с фарфоровой изоляцией; У — усиленный или для районов с умеренным климатом (если У стоит после цифры); Н — для наружной установки; Д — с сердечником для дифференциальной защиты; Р — с рымовидными обмотками; ХЛ — для районов с холодным климатом; число после первого дефиса — номинальное напряжение, кВ; цифра 1 в конце — первый вариант или для работы на открытом воздухе; 2 — второй вариант или для работы в закрытых помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией; II, III, IV — габарит; А (Б) — категория электрооборудования по длине пути утечки внешней изоляции.

2. В скобках указан запасной тип трансформатора.

Таблица 3.3.10. **Трансформаторы тока (кабельные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6—10 кВ**

Тип	Число охватываемых кабелей	Наружный диаметр кабеля, мм	Цепь подмагничивания		Вторичная цепь		ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, не более, мВ	
			$U_{ном}$, В	$S_{потр.}$, В·А	Z, Ом	$S_{получ.}$ при 1А, В·А	от подмагничивания	от несимметричности при номинальной нагрузке
ТНП-2	1—2	50	110	20	10	0,00625	150	17
ТНП-4	3—4			45				
ТНП-7	5—7			50		0,00344		14
ТНП-12	8—12	60		70				

Таблица 3.3.11. **Трансформаторы тока (шинные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6—10 кВ**

Тип	Длительно допустимый ток при температуре воздуха 40 °С, А	Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Наибольший ударный ток КЗ, кА	Потребляемая мощность цепи подмагничивания 110 В, В·А	ЭДС небаланса во вторичной цепи, мВ	
					от подмагничивания	от несимметрии первичных токов
ТНП-Ш1	1750	24	165	20	100	60
ТНП-Ш2	3000	48		25		85
ТНП-Ш3	4500	72		30		100
ТНП-Ш3У	7500	90	180	35		150

Таблица 3.3.12. **Трансформаторы тока, встраиваемые в выключатели или силовые трансформаторы 10—220 кВ**

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cos φ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ10-IУ2	6000/5	6000	5	20	—	—	—	85,5	3
		75		—	—	—	20		1
		100		—	—	—	20	10	—
	200/5	150		—	—	20	—		5
		200		—	—	20	—		9
ТВ35-IУ2	300/5	100		—	—	—	20	10	—
		150		—	—	20	—		5
		200		—	—	20	—		9
		300		—	10	—	—		25
	600/5	200		—	—	20	—		9
		300		—	10	—	—		25
		400		—	20	—	—		16
		600		10	—	—	—		16*
	1500/5	600		10	—	—	—		16
		750		30	—	—	—		13
		1000			—	—	—		10
		1500			—	—	—		6,5
	150/5**	50		—	—	—	10		—
		75		—	—	—	20		—
		100		—	—	—			—
		150		—	—	—	30		2
ТВ35-IIУ2; ХЛ2	300/5	100			—	—	20		—
		150		—	—	—	30		2
		200		—	—	—	40		—
		300		—	—	—	—		7
	600/5	200		—	—	—	40		2
		300		—	—	30	—		7
		400		—	—	40	—		3
		600		—	30	—	—		14

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cos φ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ35-IIIУ2; ХЛ2	200/5**	75		—	—	—	20	25	—
		100		—	—	—			—
		150	5	—	—	20	—		5
		200		—	—	—	—		9
	300/5	100		—	—	—	20		—
		150		—	—	20	—		5
		200		—	—	20	—		9
		300		—	10	—	—		16
ТВ35-IIIУ2; ХЛ2	600/5	200	5	—	—	20	—	25	9
		300		—	10	—	—		16
		400		—	20	—	—		12
		600		10	—	—	—		30
	1500/5	600		10	—	—	—		30
		750		30	—	—	—		20
		1000			—	—	—		22
		1500			—	—	—		16*
ТВ110-IУ2; ХЛ2	200/5**	75		—	—	—	10	20	—
		100		—	—	—	20		—
		150		—	—	—			22
	300/5	200		—	—	10***	30		—
		100		—	—	—	20		—
		150	5	—	—	—			—
		200		—	—	10***	30		22
		300		—	—	15***	40		20
	600/5	200		—	—	10***	30		22
		300		—	—	15***	40		20
		400		—	—	30	—		15

Продолжение табл. 3.3.12

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при $\cos\varphi = 0{,}8$ в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ110-IУ2; ХЛ2	1000/5	600	5	10	20	50***	—	20	25
		400		—	10	30***	—		15
		600		10	20	50***	—		25
		750		20	25	75***	—		15
		1000		30	50	—	—		20*
ТВ110-IIУ2; ХЛ2	200/5**	75		—	—	—	15	50	—
		100		—	—	—	20		5
		150		—	—	—			10
		200		—	10	20***	—		20
	300/5**	100		—	—	—	20		5
		150		—	—	—	20		10
		200		—	10	20***	—		20
		300		—	15	30***	—		20
	600/5	200		—	—	15	—		34
		300		—	15	—	—		50
		400		—	25	—	—		40
		600		25	—	—	—		60
	1000/5	500		10***	15	—	—		80
		600		25	—	—	—		60
		750		50	—	—	—		37
		1000			—	—	—		50*
	2000/5	1000		50	—	—	—		50*
		1200			—	—	—		42

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cos φ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ110-IIУ2; ХЛ2	2000/5	1500	5		—	—	—		33*
		2000			—	—	—	50	25*
ТВ110-IIУ2; ХЛ2	1000/1	500	1	25***	60	—	—		50
		600		30		—	—		
		750		50		—	—		37
		1000		50	60	—	—		50*
	2000/1	1000				—	—		50*
		1200				—	—		42
		1500				—	—		33**
		2000				—	—		25*
ТВ220-IУ2; ХЛ2	600/5	200	5	—	—	40	—	25	—
		300		—	20	—	—		20
		400		—	30	—	—		20
		600		10	20	50***	—		18
	1000/5	40		—	—	30	—		20
		600		—	20	50***	—		18
		750		15	30***	—	—		32
		1000		20	50***	—	—		25*
	2000/5	500		—	—	50	—		13
		1000		20	50***	—	—		25*
		1500		30	—	—	—		16
		2000		50	—	—	—		12
	1000/1	400	1	—	—	40	—		15
		600		10	20	40***	—		22
		750		15	40***	—	—		25
		1000		30	—	—	—		25*
	2000/1	500		—	15	40***	—		19
		1000		30	—	—	—		25
		1500		40	—	—	—		16
		2000		50	—	—	—		13

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cos φ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ220-IIУ2; ХЛ2	1200/5	600	5	—	15	—	—	40	50
		800		20	—	—	—		
		1000		30	—	—	—		40*
		1200			—	—	—		33
	2000/5	1000			—	—	—		40*
		1200			—	—	—		33
		1500			—	—	—		27
		2000			—	—	—		20*
	3000/5	1200			—	—	—		33
		1500			—	—	—		27
		2000			—	—	—		20*
		3000			—	—	—		17
ТВ220-IIУ2; ХЛ2	1200/1	600	1	—	15	—	—		50
		800		20	—	—	—		
		1000		30	—	—	—		40*
		1200			—	—	—		33
	2000/1	1200	1	30	—	—	—	40	33
		1500			—	—	—		27
		2000			—	—	—		20*
	3000/1	1200			—	—	—		33
		1500			—	—			27
		2000			—	—	—		20*
		3000			—	—	—		13

*Номинальная предельная кратность, ограниченная допустимым током термической стойкости.

**Термическая стойкость указана для случая, когда обмотка трансформатора замкнута на номинальную нагрузку. Трехсекундный ток термической стойкости указан для трансформаторов на номинальное напряжение 110 и 220 кВ, а четырехсекундный — для трансформаторов на номинальное напряжение 10 и 35 кВ.

***Вторичная нагрузка, при которой гарантирована номинальная предельная кратность (в случае указания нескольких значений нагрузки для типоисполнений трансформатора).

Таблица 3.3.13. **Сопротивления первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока**

Коэффициент трансформации трансформатора тока	Сопротивление первичной обмотки многовиткового трансформатора, мОм, класса точности			
	1		3	
	$x_{та}$	$r_{та}$	$x_{та}$	$r_{та}$
20/5	67	42	17	19
30/5	30	20	8	8,2
40/5	17	11	4,2	4,8
50/5	11	7	2,8	3
75/5	4,8	3	1,2	1,3
100/5	2,7	1,7	0,7	0,75
150/5	1,2	0,75	0,3	0,33
200/5	0,67	0,42	0,17	0,19
300/5	0,3	0,2	0,08	0,088
400/5	0,17	0,11	0,04	0,05
500/5	0,07	0,05	0,02	0,02

Таблица 3.3.14. **Наименьшие сопротивления изоляции для трансформаторов тока**

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее				
	основная изоляция	измерительный вывод	наружные слои	вторичные обмотки*	промежуточные обмотки
3—35	1000/500	—	—	50(1)/50(1)	
110—220	3000/1000	—	—	50(1)/50(1)	
330—750	5000/3000	3000/1000	1000/500	50(1)/50(1)	1/1

*Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок — при отключенных вторичных цепях, в скобках — с подключенными вторичными цепями.

Примечание. В числителе указаны значения сопротивления изоляции трансформаторов тока при вводе в эксплуатацию, в знаменателе — в процессе эксплуатации.

3.3.2. Измерительные трансформаторы напряжения

Трансформаторы напряжения разделяют на три основные группы: сухие (типы НОС, НОСК, НТС); масляные (типы НОМ, НТМК, НТМИ); каскадные (тип НКФ). Трансформаторы напряжения изготавливают следующих классов точности: 0,2; 0,5; 1; 3. Универсальные по использованию трансформаторы напряжения имеют номинальное вторичное напряжение 100 В.

Трансформаторы напряжения выбирают по номинальному напряжению, номинальной мощности на фазу, классу точности, типу и схеме соединений.

Технические данные основных типов измерительных трансформаторов в установках переменного тока напряжением до 10 кВ включительно приведены ниже.

Таблица 3.3.15. **Технические данные трансформаторов напряжения**

Тип трансформатора	Номинальное напряжение обмотки, В		Номинальная мощность, В · А, в классе точности			Максимальная мощность, В · А
	первичной	вторичной	0,5	1	3	
НОС-0,5	380	100	25	40	100	200
НОС-0,5	500	100	25	40	100	200
НОСК-3	3 000	100	30	50	120	240
НОСК-6	6 000	100	50	80	200	400
НОМ-6	3 000	100	30	50	120	400
НОМ-6	6 000	100	50	80	200	600
НОМ-10	10 000	100	80	150	320	720
НТС-0,5	380	100	50	80	200	400
НТС-0,5	500	100	50	80	200	400
НТМК-6-48	3 000	100	50	80	200	400
НТМК-6-48	6 000	100	80	150	320	640
НТМК-10	10 000	100	120	200	480	960
НТМИ-6	3 000	100—100/3	50	80	200	400
НТМИ-6	6 000	100—100/3	80	150	320	640
НТМИ-10	10 000	100—100/3	120	200	480	960

Примечание. Обозначение трансформаторов напряжения: НОС — однофазный сухой; НТС — трехфазный сухой; НОМ — однофазный масляный; НТМК — трехфазный масляный с компенсирующей обмоткой; НТМИ — трехфазный трехобмоточный масляный пятистержневой; цифра, следующая после буквенного обозначения, — высшее номинальное напряжение в кВ.

Таблица 3.3.16. **Характеристики трансформаторов напряжения**

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НОС-0,5-У4	0,5	380	100	—	—	25	50	100	—	200	1/1-0	9
		500	100	—	—	25	50	100	—	200		
НОСК-3-У5	3	3000	100	—	—	30	50	150	—	240	1/1-0	14
НОСК-6-66-У5(Т5)	6	6000	127—100	—	—	50	75	200	—	400	1/1-0	13
НОМ-6-У4(Т4)	6	3000	100	—	—	30	50	150	—	240	1/1-0	24
		6000	100	—	—	50	75	200	—	400	1/1-0	22
НОМЭ-6-У2(Т2)	6	6000	100	—	—	50	75	200	—	400	1/1-0	24
НОМ-10-66-У2(Т2)	10	10 000	100	—	—	75	150	300	—	630	—	35
НОМ-15-У4(Т4)	15	13 800	100	—	—	75	150	300	—	640	1/1-0	23
		15 750	100	—	—	75	150	300	—	640	1/1-0	23
		18 000	100	—	—	75	150	300	—	640	1/1-0	23
НОМ-35-66У1(Т1)	35	35 000	100	—	—	150	250	600	—	1200	1/1-0	86
ЗНОМ-15-63У2(Т2)	15	6000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	50	75	200	—	400	1/1/1-0-0	64
		10 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	63
		13 800: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	63
		15 750: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	63

Продолжение табл. 3.3.16

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность В · А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В · А	Предельная мощность, В · А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
ЗНОМ-20-63У2(Т2)	20	18 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	85
		20 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	77,5
ЗНОМ-24-69У1	24	24000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	150	250	600	—	980	1/1/1-0-0	108
ЗНОМ-35-65У1	35	27 500	127—100	—	—	150	250	600	—	1200	1/1/1-0-0	78
ЗНОМ-35-65У1(Т1)	35	35000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	150	250	600	—	1200	1/1/1-0-0	78
ЗНОЛ.06-6У3(Т3)	6	3000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	15	30	50	150	—	250	—	26,5
		3300/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100								
		6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	30	50	75	200	—	400	—	26,5
		6300/ $\sqrt{3}$										
		6600/ $\sqrt{3}$										
		6900/ $\sqrt{3}$										

Продолжение табл. 3.3.16

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность В · А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В · А	Предельная мощность, В · А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
ЗНОЛ.06-15У3(Т3)	15	13800/ $\sqrt{3}$; 15 750/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	50	75	150	300	300	630	—	29,5
ЗНОЛ.06-10У3(Т3)	10	10 000/ $\sqrt{3}$ 11 000/ $\sqrt{3}$	100/1/3	100/3 или 100	50	75	150	300	300	630	—	28,5
ЗНОЛ.06-20У3(Т3)	20	18 000/ $\sqrt{3}$ 20 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	50	75	150	300	300	630	—	32,5
ЗНОЛ.06-24У3(Т3)	24	24 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	50	75	150	300	300	630	—	40,5
ЗНОЛ.09-6.02	6	3000/ $\sqrt{3}$ 3300/ $\sqrt{3}$ 6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	15	30	50	150	150	250	—	28,5

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность В · А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В · А	Предельная мощность, В · А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
		$6300/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3 или 100	30	50	75	200	200	400	—	28,5
		$6600/\sqrt{3}$										
		$6900/\sqrt{3}$										
		$11\,000/\sqrt{3}$										
ЗНОЛ.09-10.02	10	$10\,000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3 или 100	50	175	150	300	300	630	—	31,5
НОЛ.11-605	6	6000	100—127	—	—	—	—	250	—	—	1/1-0	—
НОЛ.08-6УТ2	6	6000	100; 100;	—	30	50	75	200	—	400	1/1-0	28,5
		6300; 6600	100 или 110	—								
НОЛ.08-10УТ2	10	6900; 10000;	100; 100; 100 или 110	—	50	75	150	300	—	630	1/1-0	31,5
		11000										

Продолжение табл. 3.3.16

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НТМИ-10-66У3	10	10 000	100	100:3	—	120	200	500	—	960	$У_н/У_н$/-0	81
НТМИ-18*	18	13 800; 15 750; 18 000	100/100:3	—	—	120	200	500		960		94
НКФ-110-57У1	110	110 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	630
НКФ-110-58У1	110	110 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	800
НКФ-66У1(Т1)	66	66 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100:3	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	545
		66 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	—
НКФ-132-73Т1	132	132 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	630
НКФ-220-65Т1	220	200 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$ /100	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	1325

Таблица 3.3.17. **Трансформаторы напряжения внутренней и наружной установки**

Тип	Исполнение	$U_{ном}$, В			$S_{ном}$ в классах точности, В·А				Предельная мощность, В·А
		ВН	НН	НН (дополнительная)	0,2	0,5	1	3	
НТС-0,5УХЛ4	Трехфазные с воздушным охлаждением (сухие)	600	—	—	—	50	75	200	160
НТС-0504		380	—	—	—				400
НОС-0,5УХЛ4	Однофазные с воздушным охлаждением	660	—	—	—	25	50	100	160
НОС-0504		380	—	—	—	25		100	160
НОСК-3У5		2000	100	—	—	30		150	250
НОСК-6У5	Однофазные с воздушным охлаждением для КРУ	6000	127—100	—	—	50*	75*	200*	400*
		3000	100	—	—	30	50	150	240
НОМ-6У4	Однофазные с масляным охлаждением	6000	127—100	—	—	50	75	200	400
НОМ-10У4		10 000	100	—	—	75	150	300	
НОМ-15У4		13 800		—	—				640
НОМ		15 750		—	—				
		18 000		—	—				

Окончание таблицы 3.3.17

Тип	Исполнение	$U_{ном}$, В: ВН	$U_{ном}$, В: НН	$U_{ном}$, В: НН (дополнительная)	$S_{ном}$ в классах точности, В · А: 0,2	0,5	1	3	Предельная мощность, В · А
ЗНОМ-15-63У2	Для пофазного экранированного токопровода	$6000:\sqrt{3}$	$100:\sqrt{3}$	100:3	—	50	75	200	400
		$6300:\sqrt{3}$			—	—			
		$6300:\sqrt{3}$			—	—			
ЗНОМ-15-72У2		$15750:\sqrt{3}$			—	—	100	150	630
ЗНОМ-20-63У2		$18000:\sqrt{3}$			50	100	150	300	
ЗНОМ-24-69У2		$24000:\sqrt{3}$			—	150	250	600	1000
НТМИ-6-66У3	Трехфазные с естественным охлаждением	3000	1000	—	—	50	75	200	400
		6000		—	—	75	150	300	630
НТМИ-10-66У3		10 000		—	—	120	200	500	1000
		10 500		—	—	120	200	50	1000
НТМК-6		3000		—	—	50	75	200	400
		6000		—	—	75	150	300	640
НТМК-10		10 000		—	—	120	200	500	960

* Только при вторичном напряжении 100 В.

Таблица 3.3.18. **Трансформаторы напряжения**

Тип	$U_{ном}$, обмоток		$S_{ном}$ в классе точности, В·А			S_{max}, В·А	Масса, кг
	ВН, кВ	НН, В	0,5	1	3		
ЗНОЛ.09-6	$3/\sqrt{3}$; $3{,}3/\sqrt{3}$; $6/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	30	50	150	250	28,5
	$6{,}3/\sqrt{3}$; $6{,}6/\sqrt{3}$; $6{,}9/\sqrt{3}$	100/3—100*	50	75	200	400	28,5
ЗНОЛ.06-6	$3/\sqrt{3}$; $3{,}3/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	30	50	150	250	26,5
	$6\sqrt{3}$; $6{,}3/\sqrt{3}$; $6{,}6/\sqrt{3}$; $6{,}9/\sqrt{3}$	100/3—100*	50	75	200	400	26,5
НТМИ-10-66	10	100; 100/3*	120	200	500	1000	81
ЗНОЛ.09-10	$10/\sqrt{3}$; $11/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100/3—100*	75	150	300	630	31,5
ЗНОЛ.06-15	$13{,}8/\sqrt{3}$; $15{,}75/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100/3—100*	75	150	300	630	29,5
ЗНОЛ.06-20	$18/\sqrt{3}$; $20/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100/3—100*	75	150	300	630	32,5
ЗНОЛ.06-24	$24/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100/3—100*	75	150	300	630	40,5
ЗНОГ-110-79	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100*	400	600	1200	2500	250
ЗНОГ-220-79	$220/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100*	400	600	1200	2500	390
НКФ-110-57	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$; 100*	400	600	1200	2000	770
НКФ-110-58		$100/\sqrt{3}$; 100/3*	400	600	1200	2000	

*НН на дополнительной обмотке.

Таблица 3.3.19. **Технические характеристики трансформаторов напряжения типа НОЛ (класс точности 0,2÷3)**

Тип	Напряжение обмоток		
	первичной, кВ	вторичной, В	дополнительной, В
НОЛ.08	от 3 до 11	100	—
НОЛ.11	6	100, 127	
НОЛ.12	от 0,38 до 10		
ЗНОЛ.06	от $3/\sqrt{3}$ до $24/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100, 100/3
ЗНОЛЭ-35	$35/\sqrt{3}$		100/3
ЗНОЛ-35Б УХЛ 1	27.5	100	127

Трансформаторы напряжения однофазные индуктивные типа НКФ-500 предназначены для наружной установки; сердечник изготовлен из высококачественной холоднокатаной магнитной листовой стали; трансформатор заполнен высококачественным трансформаторным маслом и полностью герметичен. Технические данные трансформаторов типа НКФ-500 приведены в табл. 3.3.20.

Таблица 3.3.20. **Технические данные трансформаторов типа НКФ-500**

Тип	Номинальные напряжения обмоток, В			Мощность в классах точности, В·А			
	ВН	НН (основная)	НН (дополнит.)	0,2	0,5	1	3
НКФ-500-01У1	500 000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$	100	200	400	600	1200

Примечание. По техническим характеристикам соответствует или превосходит находящиеся в эксплуатации трансформаторы напряжения НКФ-500.

Трансформаторы напряжения антирезонансные, масляные, измерительные, трехфазные типа НАМИТ-10-2 предназначены для измерения напряжения и контроля изоляции в сетях 6 и 10 кВ с любым режимом заземления нейтрали, в которых используется схема защиты от феррорезонанса. В России эти трансформаторы аналогов не имеют.

Технические данные трансформаторов напряжения типа НАМИТ:

Номинальные напряжения, кВ:

— первичной обмотки . . . . 6 или 10

— основных вторичных обмоток 0,1

— дополнительной при однофазном замыкании сети на землю . . 0,1

Номинальная мощность, В·А, вторичной основной обмотки в классе точности

0,5 200

1,0 300

3,0 600

Трансформаторы напряжения типа ЗНИОЛ — измерительные однофазные с литой изоляцией с заземленным выводом первичной обмотки предназначены для установки в КРУ в сетях с изолированной нейтралью.

Технические данные трансформаторов напряжения типа ЗНИОЛ:

Номинальное первичное напряжение, кВ 6 (10);

номинальная частота, Гц . . . . 50 или 60;

Номинальная мощность, В·А, для класса точности:

0,2 . . . . 30 (50)

0,5 . . . . 50 (75)

1,0 . . . . 75 (150)

3,0 . . . . 200 (300)

Таблица 3.3.21. **Замена трансформаторов**

Типы заменяемых трансформаторов	Замена
Трансформаторы тока	
ТК-20, ТК-40, Т-0.66, ТШ-0.66, ТК-120, ТШН-0,66 до 1500 А, ТКЛМ-0,5 Т3, ТР-0,66УТ2, ТЛ 0,66 УТ3, ТКЛП 0,66 ХЛ2, ТМ-0,66 У3, ТШЛ 0,66 СУ2 до 1500 А	ТОП 0.66, ТШП 0.66
ТШН 0,66 2000/5—5000/5, ТШЛ 0,66 СУ2 на 2000 А и 3000 А	ТШЛ 0.66 2000/5—5000/5

Типы заменяемых трансформаторов	Замена
ТДЗЛ	ТЗЛ 1, ТЗЛМ-1, ТЗРЛ, ТЗЛЭ-125
ТПЛ-10, ТВК-10, ТЛК-10, ТЛМ-10, ТВЛМ-10, ТПЛМ-10, ТОЛ-10, ТВЛ-10	ТОЛ 10-1
ТПФ-10, ТПФМ-10, ТПОФ-10, ТПОФД-10	ТПОЛ-10
ТВЛМ-6	ТОЛК6
ТПШЛ-10	ТЛШ-10
ТПОЛ-20	ТПЛ20
ТФЗМ-35	ТОЛ 35
ТНП-4	ТЗЗ-4
Трансформаторы напряжения	
НОМ-6	НОЛ.08-6
НОМ-10	НОЛ.08-10
НТМК-6, НТМИ-6, НАМИ-6, НАМИТ-10(6)	3 × ЗНОЛ.06-6
НТМК-10, НТМИ-10, НАМИ-10, НАМИТ-10	3 × ЗНОЛ.06-10
ЗНОМ-15	ЗНОЛ.06-15
ЗНОМ-20	ЗНОЛ.06-20
ЗНОМ-24	ЗНОЛ.06-24
ЗНОМ-35	ЗНОЛ-35
Силовые трансформаторы	
ОМ-0.63/6, ОМ-1.25/6	ОЛ-1.25/6
ОМ-0.63/10, ОМ-1.25/10	ОЛ-1.25/10

Таблица 3.3.22. **Наименьшие сопротивления изоляции для трансформаторов напряжения**

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее		
	основная изоляция	вторичные обмотки*	связующие обмотки
3—35	100	50(1)	1
110—500	300	50(1)	1

*Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок — при отключенных вторичных цепях; в скобках — совместно с подключенными вторичными цепями.

3.4. Силовые трансформаторы

Условные обозначения типов трансформаторов включают буквенное обозначение, характеризующее тип трансформатора, число фаз, вид охлаждения, число обмоток, вид переключения ответвлений, а также обозначение номинальной мощности и класса напряжения. Буквенное обозначение трансформатора содержит следующие данные в указанном порядке: *число фаз* — для трехфазных Т; О — однофазный; *вид охлаждения* — естественная циркуляция воздуха и масла М, естественное воздушное при открытом исполнении С, естественное воздушное при защищенном исполнении СЗ; *принудительная циркуляция* воздуха и *естественная циркуляция* масла Д; число обмоток — трехобмоточный трансформатор Т; *выполнение одной* обмотки *с устройством* РПН обозначают буквой Н. Трансформатор с расщепленной обмоткой НН обозначают буквой Р (например ТРДН). Исполнение трансформатора для собственных нужд электростанций обозначают буквой С (например, ТРДНС); Г — грузоупорное исполнение. Для обозначения автотрансформатора добавляют букву А впереди букв, указанных выше. Исполнение трансформатора с естественным масляным охлаждением с защитой при помощи азотной подушки, без расширителя, обозначают дополнительной буквой З после вида охлаждения (например, ТМЗ).

В цифровом обозначении в виде дроби указывают номинальную мощность в киловольт-амперах (числитель) и класс напряжения обмотки ВН в киловольтах (знаменатель).

Мощность указывается полная в киловольт-амперах, так как его активная мощность зависит от коэффициента мощности потребителя и поэтому может изменяться.

Например, ТМ-320/10 — трехфазный трансформатор с естественным масляным охлаждением мощностью 320 кВ·А и высшим напряжением 10 кВ, ТДТНГ-20000/110 — трехфазный масляный трансформатор, дутьевое охлаждение, трехобмоточпый, с регулированием напряжения под нагрузкой, грузоупорный, мощностью 20000 кВ·А и высшим напряжением 110 кВ.

Нормальные условия работы трансформатора.

Высота установки над уровнем моря не более 1000 м, кроме тр-ров 750—1150 кВ, для которых высота установки над уровнем моря не более 500 м; климатическое исполнение У; среднесуточ-

ная t воздуха не более 30 °С и среднегодовая t воздуха не более 20 °С; t охлаждающей воды не более 25 °С у входа в охладитель.

Категория размещения: для масляных тр-ров, тр-ров с жидким диэлектриком и сухих герметичных тр-ров: 1, 2, 3, 4; для сухих негерметичных тр-ров: 3, 4.

Номинальная частота питающей сети 50 Гц.

Форма кривой напряжения, подводимого к тр-ру, д. б. практически синусоидальной, а система фазных напряжений практически симметричной.

Таблица 3.4.1. **Виды охлаждения трансформаторов и их условные обозначения**

№ п/п	Охлаждение	Условные обозначения
1	*Сухие трансформаторы*	
	Естественное воздушное:	
	при открытом исполнении	С
	при защищенном исполнении	СЗ
	при герметичном исполнении	СГ
2	*Масляные трансформаторы*	
	Естественная циркуляция воздуха и масла	М
	Принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла	Д
	Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла	МЦ
	Принудительная циркуляция воздуха и масла	ДЦ
	Принудительная циркуляция воды и естественная циркуляция масла	МВ
	Принудительная циркуляция воды и масла	Ц
3	*Трансформаторы с негорючим жидким диэлектриком*	
	Естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком	Н
	Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с дутьем	НД

Примеры условных обозначений типов трансформаторов

1. ТМ-100/10-78У1 — трехфазный двухобмоточный трансформатор, с охлаждением М, номинальной мощностью 100 кВ·А, класса напряжения 10 кВ, конструкция 1978 г., исполнение У, категория 1;

2. ТРДНС-32000/35-80У1 — трехфазный двухобмоточный трансформатор, с расщепленной обмоткой НН, с охлаждением Д, с РПН, исполнения для собственных нужд электростанций, номинальной мощностью 32 МВ·А, класса напряжения 35 кВ, конструкция 1980 г., исполнения У, категории 1;

3. ТСЗ-100/10-79У3 — трехфазный сухой трансформатор защищенного исполнения, номинальной мощностью 100 кВ·А, класса напряжения 10 кВ, конструкция 1979 г., исполнения У, категория 3.

Системы охлаждения силовых трансформаторов

При работе трансформатора происходит нагрев обмоток и магнитопровода за счет потерь энергии в них. Предельный нагрев частей трансформатора ограничивается изоляцией, срок службы которой зависит от температуры нагрева. Чем больше мощность трансформатора, тем интенсивнее должна быть система охлаждения.

Краткое описание систем охлаждения трансформаторов приводится ниже.

Естественное воздушное охлаждение трансформаторов осуществляется путем естественной конвекции воздуха и частичного лучеиспускания в воздухе. Такие трансформаторы получили название "сухих". Условно принято обозначать естественное охлаждение при открытом исполнении С, при защитном исполнении — СЗ, при герметизированном исполнении СГ, с принудительной циркуляцией воздуха — СД.

Допустимое превышение температуры обмотки сухого трансформатора над температурой окружающей среды зависит от класса нагревостойкости изоляции и согласно ГОСТ 11677—85 должно быть не больше: 60 °С (класса А); 75 °С (класса Е); 80 °С (класса В); 100 °С (класса F); 125 °С (класса Н). Данная система охлаждения малоэффективна, поэтому применяется для трансформаторов мощностью до 1600 кВ·А при напряжении до 15 кВ.

Естественное масляное охлаждение (М) выполняется для трансформаторов мощностью до 16000 кВ·А включительно. В таких трансформаторах тепло, выделенное в обмотках и магнитопроводе, передается окружающему маслу, циркулирующему по баку и радиаторам, и передается окружающему воздуху. При но-

минальной нагрузке трансформатора температура масла в верхних, наиболее нагретых слоях не должна превышать +95 °С (ПТЭ).

Для лучшей отдачи тепла в окружающую среду бак трансформатора снабжают ребрами, охлаждающими трубами или радиаторами в зависимости от мощности.

Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла (Д) применяется для более мощных трансформаторов. В этом случае в навесных охладителях из радиаторных труб помещают вентиляторы. Вентилятор засасывает воздух снизу и обдувает нагретую верхнюю часть труб. Пуск и останов вентиляторов осуществляется автоматически в зависимости от нагрузки и температуры нагрева масла. Трансформаторы с таким охлаждением могут работать при полностью отключенном дутье, если нагрузка не превышает 100 % номинальной, а температура верхних слоев масла не более +55 °С, а также при минусовых температурах окружающего воздуха и при температуре масла не выше +45 °С независимо от нагрузки (ПТЭ). Максимально допустимая температура масла в верхних слоях при работе с номинальной нагрузкой +95 °С.

Форсированный обдув радиаторных труб улучшает условия охлаждения масла, а следовательно, обмоток и магнитопровода трансформатора, что позволяет изготовлять такие трансформаторы мощностью до 80000 кВ · А.

Масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители (ДЦ) применяются для трансформаторов мощностью 63000 кВ · А и выше.

Охладители состоят из тонких ребристых трубок, обдуваемых снаружи вентилятором. Электронасосы, встроенные в маслопроводы, создают непрерывную принудительную циркуляцию масла через охладители.

Благодаря большой скорости циркуляции масла, развитой поверхности охлаждения и интенсивному дутью охладители обладают большой теплоотдачей и компактностью. Такая система охлаждения позволяет значительно уменьшить габариты трансформаторов. Охладители могут устанавливаться вместе с трансформатором на одном фундаменте или на отдельных фундаментах рядом с баком трансформатора.

Масляно-водяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла (Ц) принципиально устроено также, как система ДЦ, но в

отличие от последнего охладители состоят из трубок, по которым циркулирует вода, а между трубками движется масло.

Температура масла на входе в маслоохладитель не должна превышать +70 °С.

Чтобы предотвратить попадание воды в масляную систему трансформатора, давление масла в маслоохладителях должно превышать давление циркулирующей в них воды не менее чем на 0,02 МПа (2 Н/см^2). Эта система охлаждения эффективна, но имеет более сложное конструктивное выполнение и выполняется на мощных трансформаторах (160 МВ·А и более)

Регулирование напряжения трансформаторов

Для нормальной работы потребителей необходимо поддерживать определенный уровень напряжения на шинах подстанции. В электрических сетях предусматриваются способы регулирования напряжения, одним из которых является изменение коэффициента трансформации трансформаторов.

Обмотки трансформаторов снабжаются дополнительными ответвлениями, с помощью которых можно изменять коэффициент трансформации, что дает возможность поддерживать на шинах НН (СН) подстанций напряжение близкое к номинальному, когда первичное напряжение отклоняется по тем или иным причинам от номинального. Переключение ответвлений может происходить без возбуждения (ПБВ), т. е. после отключения всех обмоток от сети или под нагрузкой (РПН).

Устройствами ПБВ снабжаются почти все трансформаторы небольшой мощности. Они позволяют регулировать напряжение ступенями относительно номинального ±5 %. Применяются ручные трехфазные и однофазные переключатели.

Устройство ПБВ не позволяет регулировать напряжение в течение суток, так как это потребовало бы частого отключения трансформатора для производства переключений, что по условиям эксплуатации практически недопустимо. Обычно ПБВ используется только для сезонного регулирования напряжения.

Регулирование под нагрузкой (РПН) позволяет переключать ответвления обмотки трансформатора без разрыва цепи. Устройство РПН предусматривает регулирование напряжения в различных пределах в зависимости от мощности и напряжения

трансформаторов (от ±10 до ±16 % ступенями приблизительно по 1,5 %).

Регулировочные ступени выполняются на стороне ВН, так как меньший по значению ток позволяет облегчить переключающее устройство. Для расширения диапазона регулирования без увеличения числа ответвлений применяют ступени грубой и тонкой регулировки.

Таблица 3.4.2. **Технические данные силовых трехфазных трансформаторов с естественным охлаждением**

Тип трансформатора	$S_{т.ном}$, кВ·А	Напряжение, кВ		$u_к$, %	Ток холостого хода $I_х$, %	Потери, кВт		Сопротивление фазы, мОм	
		ВН	НН			$\Delta P_х$	$\Delta P_к$	x	r
ТМ-10/6	10	6	0,4	5,5	10,0	0,105	0,335	363,0	240,0
ТМ-20/6	20	6	0,4	5,5	9,0	0,180	0,600	152,0	84,0
ТМ-20/10	20	10	0,4	5,5	10,0	0,220	0,600	369,0	240,0
ТМ-50/6	50	6	0,525	5,5	6,5	0,350	1,325	78,5	38,0
ТМ-50/10	50	10	0,4	5,5	7,5	0,440	1,325	152,0	84,0
ТМ-100/6	100	6	0,525	5,5	8,0	0,600	2,40	45,2	20,0
ТМ-100/10	100	10	0,525	5,5	6,0	0,730	2,40	44,0	20,0
ТМ-100/35	100	35	0,525	6,5	7,0	0,900	2,40	96,0	38,0
ТМ-180/6	180	6	0,525	5,5	8,0	1,00	4,00	26,0	9,7
ТМ-180/10	180	10	0,525	5,5	6,0	1,20	4,10	25,8	9,7
ТМ-180/35	180	35	0,4	6,5	7,0	1,50	4,10	53,4	20,0
ТМ-320/6	320	6	0,525	5,5	7,5	1,60	6,07	15,0	4,9
ТМ-320/10	320	10	0,525	5,5	6,0	1,90	6,20	14,9	4,8
ТМ-320/35	320	35	0,4	6,5	6,5	2,30	6,20	31,0	9,7
ТМ-560/10	560	10	6,3	5,5	6,0	2,50	9,40	10,8	3,9
ТМ-560/35	560	35	10,5	6,5	6,5	3,35	9,40	17,9	4,8
ТМ-750/10	750	10	0,525	5,5	6,0	4,10	11,9	14,6	4,14
ТМ-1000/10	1000	10	6,3	5,5	5,0	4,90	15,0	—	—
ТМ-1000/35	1000	35	10,5	6,5	5,5	5,10	15,0	17,4	4,14

Примечание. Сопротивления фазы обмотки приведены к обмотке низшего напряжения.

Трансформаторы типов ТСМА, ТМА и ТАМ изготавливают трехфазными с масляным естественным охлаждением, алюминиевыми обмотками. Их сердечник выполнен из холоднокатаной стали. В трансформаторах типов ТМА и ТАМ применена горячекатаная электротехническая сталь.

Таблица 3.4.3. **Техническая характеристика трансформаторов ТСМА, ТМА, ТАМ**

Тип трансформатора	Sт.ном, кВ·А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток I_x, %	$u_к$, %	КПД, %
		ВН	НН	ΔP_x	$\Delta P_к$			
ТСМА-60/6-10	60	10,0	0,4	0,575	1,30	7,5	4,5	97,34
ТСМА-100/6-10	100	10,0	0,4	0,400	2,07	6,5	4.5	97,42
ТСМА-100/6-10	100	10,0	0,525	0,575	2,07	6.5	4,5	97,42
ТСМА-180/6-10	180	10,0	0,525	1,00	3,20	6.0	4,5	97,72
ТСМА-320/6-10	320	10,0	0,525	1,60	4,85	5,5	4,5	98,02
ТСМА-320/6-10/0,4	320	10,0	0,4	1,60	4,85	5,5	4,5	98,00
ТСМА-320/6-10/0,23	320	10,0	0,23	1,60	4,85	5,5	4,5	98,00
ТМА-100/6-10	100	10,0	0,525	0,650	2,40	7,0	5,5	97,42
ТМА-180/6-10	180	10,0	0,525	1,10	4,00	6,5	5,5	97,72
ТМА-320/6-10	320	10,0	0,525	1,70	6,10	6,5	5,5	98,02
ТАМ-560/10	560	10,0	0,525	2,50	9,40	6,0	5,5	97,80
ТАМ-750/10	750	10,0	0,525	4,10	11,90	6,0	5,5	97,90
ТАМ-1000/10	1000	10,0	0,525	4,90	15,00	5,0	5,5	98,05
ТАМ-1800/10	1800	10,0	0.525	8,00	24,00	4,5	5,5	98,25
ТАМ-1800/35	1800	35,0	0,525	8,30	24,00	5,0	6,3	98,30
ТАМ-3200/35	3200	38,5	10,5	11,50	37,00	4,5	7,0	98,51
ТАМ-5600/35	5600	38,5	10,5	18,50	57,00	4,5	7,5	98,6

Таблица 3.4.4. **Допустимые послеаварийные перегрузки для сухих трансформаторов**

$k^*_{д.п}$ для сухих трансформаторов	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$t^{**}_{д.п}$, мин	60	45	32	18	5

*Коэффициент допустимой перегрузки;
**Продолжительность допустимой перегрузки.

Таблица 3.4.5. **Трансформаторы силовые трехфазные сухие защищенные общего назначения мощностью от 10 до 160 кВ·А на напряжение до 660 В**

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	$u_к$, %	Потери, Вт		$I_х$, %	Масса трансформатора, кг	Размеры, мм		
			$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			высота	длина	ширина
ТСЗ-10/0,66	10	4,5	90	280	7,0	150	650	700	440
ТСЗ-16/0,66	16	4,5	125	400	5,8	180	680	760	480
ТСЗ-25/0,66	25	4,5	180	560	4,8	240	720	820	520
ТСЗ-40/0,66	40	4,5	250	800	4,0	320	820	890	540
ТСЗ-63/0,66	63	4,5	355	1090	3,3	440	920	970	580
ТСЗ-100/0,66	100	4,5	500	1500	2,7	580	980	1060	620
ТСЗ-160/0,66	160	4,5	710	2060	2,3	800	1150	1150	680

Примечания: 1. Номинальные напряжения ВН 380, 500 и 660 В, НН 230 и 400 В.

2. Обмотки ВН соединены в звезду; начала и концы фаз обмоток НН выведены на панель зажимов, что позволяет соединять обмотки НН в звезду или треугольник.

3. Обмотки ВН — ПБВ ±5 %.

Таблица 3.4.6. **Трансформаторы силовые трехфазные сухие защищенные общего назначения мощностью от 160 до 1600 кВ·А на напряжение от 6 до 15,75 кВ**

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	$u_к$, %	Потери, Вт		$I_х$, %	Масса трансформатора, кг	Размеры, мм		
			$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			высота	длина	ширина
ТСЗ-160/10	160	5,5	700	2700	4,0	1400	1700	1800	950
ТСЗ-250/10	250	5,5	1000	3800	3,5	1800	1850	1850	1000
ТСЗ-400/10	400	5,5	1300	5400	3,0	2400	2150	2250	1000
ТСЗ-630/10	630	5,5	2000	7300	1,5	3400	2300	2250	1100
ТСЗ-1000/10	1000	5,5	3000	11200	1,5	4600	2250	2400	1350
ТСЗ-1600/10	1600	5,5	4200	16000	1,5	6500	3200	2650	1350
ТСЗ-250/15	250	8,0	1100	4440	4,0	2200	1850	2300	1200
ТСЗ-400/15	400	8,0	1400	6000	3,5	2700	2150	2450	1200
ТСЗ-630/15	630	8,0	2300	8700	2,0	4000	2350	2450	1350
ТСЗ-1000/15	1000	8,0	3200	12000	2,0	5000	2750	2550	1350
ТСЗ-1600/15	1600	8,0	4300	16000	2,0	6800	3200	2600	1350
Трансформаторы для собственных нужд электростанций									
ТСЗС-630/10	630	8,0	2000	8500	2,0	3800	2300	2250	1100
ТСЗС-1000/10	1000	8,0	3000	12000	2,0	5600	2550	2400	1350

Таблица 3.4.7. **Сухие трансформаторы для электрических распределительных сетей с литой изоляцией "Trihal" (Франция)**

Номинальная мощность, кВ·А	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Номинальное напряжение обмотки ВН, кВ	6, 10												
Уровень изоляции	7,2 кВ для 6 кВ; 12 кВ для 10 кВ												
Частота, Гц	50												
Максимальная температура окружающей среды, °С	40												
Напряжение холостого хода обмотки НН, В	400 между фазами; 231 между фазой и нейтралью												
Способ и диапазон регулирования (без возбуждения)	ПБВ ±2 × 2,5 %												
Схема и группа соединения обмоток	Δ/Y_0 — 11 или Δ/Y_0 — 5 (треугольник, звезда с выведенной нейтралью)												
Потери, Вт: потери холостого хода	610	820	950	1150	1300	1500	1700	2000	2500	2800	3500	4300	5500
Потери, Вт: потери при нагрузке при 75 °С	2300	3100	3600	4300	5200	6400	7700	8800	10500	12300	14900	18300	22000
Потери, Вт: потери при нагрузке при 120 °С	2700	3500	4100	4900	6000	7300	8800	10000	12000	14000	17000	21000	25000
Напряжение КЗ, %	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	7
Ток холостого хода, %	2,3	2,0	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Масса, кг: в металлическом кожухе	960	1150	1360	1580	1810	2060	2120	2620	2990	3750	5340	6340	7900
Масса, кг: без защитного кожуха	770	950	1150	1360	1580	1820	1880	2360	2710	3400	4800	5800	7300

*Номинальная мощность дана для естественного охлаждения, при принудительной вентиляции может быть увеличена на 40 %.

Таблица 3.4.8. **Трансформаторы с негорючим жидким наполнителем (ОАО "Уралэлектротяжмаш") на 6—10 кВ***

Параметр	Тип трансформатора						
	ТНЭЗ-160/10	ТНЭЗ-250/10	ТНЭЗ-400/10	ТНЭЗ-630/10	ТНЭЗ-1000/10	ТНЭЗ-1600/10	ТНЭЗ-2500/10
Номинальная мощность, кВ·А	160	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение сети, кВ	6; 6,3; 10; 10,5						
Вторичное напряжение, В	400						
Номинальный ток обмотки НН, А	231	361	577	909	1440	2310	3610
Частота, Гц	50/60						
Напряжение короткого замыкания, %	4,1	4,8	4,3	5,3	5,6	5,7	6,4
Потери КЗ, кВт	2,28	3,25	4,5	6,8	10,5	15,6	22,0
Ток холостого хода, %	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
Масса жидкости, кг	280	350	415	560	770	1350	2075
Масса полная, кг	1200	1400	1615	2250	3170	4820	7300
Габаритные размеры, мм:							
длина	1550	1620	1700	1910	2140	2245	2500
ширина	870	900	915	1110	1160	1445	2190
высота	1500	1560	1590	1755	1790	2145	2490

*Т — трехфазный; Н — охлаждение естественное негорючим диэлектриком, Э — экологически чистый диэлектрик; З — герметизированный.

Трансформаторы трехфазные сухие типа ТС с естественным охлаждением изготовляют мощностью от 180 до 1000 кВ · А на напряжение 3; 6; 10 и 13,8 кВ. В них обмотки высшего напряжения (ВН) имеют 4 ответвления для изменения коэффициента трансформации: ±5 %; ±2,5 %. Переключение с одного ответвления на другое можно производить только при полном отключении трансформатора от сети.

Таблица 3.4.9. **Техническая характеристика трансформаторов ТС**

Тип трансформатора	$S_{т.ном}$, кВ · А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток $I_х$, %	$U_к$,%	КПД, %
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			
ТС-180/10	180	10	0,525	1,6	3,0	4,0	5,5	97,51
ТС-320/10	320	10	0,525	2,6	4,9	3,5	5,5	97,51
ТС-560/10	560	10	0,525	3,5	7,4	3,0	5,5	98,21
ТС-750/10	750	10	0,525	4,0	8,8	2,5	5,5	98,32
ТС-560/15	560	13,8	0,40	3,4	6,4	3,0	8,0	98,23
ТС-750/15	750	13,8	0,40	5,15	8,0	3,0	8.0	98,35
Трансформаторы для собственных нужд электростанций								
ТС-560/10	560	6,3	0,525	3,5	7,4	3,0	8,0	98,21
ТС-750/10	750	6,3	0,525	4,0	8,8	2,5	8,0	98,32

Таблица 3.4.10. **Размеры и вес сухих трансформаторов типа ТС**

Тип трансформатора	Вес, т		Размеры, мм		
	общий	активной части	длина	ширина	высота
ТС-180/10	1,86	1,46	2420	1130	2040
ТС-320/10	2,45	2,05	2420	1130	2040
ТС-560/10	3,75	3,2	2500	1245	2200
ТС-750/10	4,68	4,0	2520	1290	2500
ТС-560/10	3,56	—	2110	1180	1990
ТС-750/10	5,24	—	2960	1290	2500
Трансформаторы для собственным нужд электростанций					
ТС-560/10	3,7	3,2	2500	1245	2200
ТС-750/10	4,7	4,0	2520	1290	2500

Трансформаторы трехфазные сухие с литой изоляцией 400—2500 кВ · А, 6—10 типов ТСЛ и ТСЗЛ предназначены для внутренней установки; их технические данные приведены в табл. 3.4.11.

Трансформаторы отличает экологическая безопасность, исключительная взрыво- и пожаробезопасность, высокая динамическая стойкость обмоток к токам КЗ, низкий уровень частичных разрядов, малошумность, малые габариты.

Схема и группа соединения обмоток Д/Yн-11.

Таблица 3.4.11. **Технические данные трансформаторов типа ТСЛ и ТСЗЛ**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Мощность, $S_{т.ном}$, кВ·А</th><th rowspan="2">Потери холостого хода, $\Delta P_х$, Вт</th><th rowspan="2">Потери КЗ, $\Delta P_к$, Вт</th><th rowspan="2">Напряжение КЗ, $u_к$, %</th><th colspan="2">Номинальные напряжения обмоток, кВ</th></tr>
<tr><th>ВН</th><th>НН</th></tr>
<tr><td>ТСЛ-400/10-У3
ТСЗЛ-400/10-У3</td><td>400</td><td>1000</td><td>4500</td><td rowspan="6">6,0</td><td rowspan="6">10,5; 10; 6,3; 6,0</td><td rowspan="6">0,4</td></tr>
<tr><td>ТСЛ-630/10-У3
ТСЗЛ-630/10-У3</td><td>630</td><td>1370</td><td>6700</td></tr>
<tr><td>ТСЛ-1000/10-У3
ТСЗЛ-1000/10-У3</td><td>1000</td><td>2000</td><td>8800</td></tr>
<tr><td>ТСЛ-1250/10-У3
ТСЗЛ-1250/10-У3</td><td>1250</td><td>2500</td><td>10500</td></tr>
<tr><td>ТСЛ-1600/10-У3
ТСЗЛ-1600/10-У3</td><td>1600</td><td>2800</td><td>12300</td></tr>
<tr><td>ТСЛ-2500/10-У3
ТСЗЛ-2500/10-У3</td><td>2500</td><td>4300</td><td>18300</td></tr>
</table>

Таблица 3.4.12. **Технические данные трехфазных сухих трансформаторов**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">$S_{т.ном}$, кВ·А</th><th colspan="2">$U_{ном}$ обмоток, В</th><th colspan="2">Потери, Вт</th><th rowspan="2">$u_к$, %</th><th rowspan="2">$I_х$, %</th></tr>
<tr><th>ВН</th><th>НН</th><th>ХХ</th><th>КЗ</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ТС-10/0,66
ТСЗ-10/0,66</td><td rowspan="2">10</td><td>380; 660</td><td>230; 400</td><td rowspan="2">75 (90)</td><td rowspan="2">280</td><td rowspan="5">4,5</td><td rowspan="2">7</td></tr>
<tr><td>380</td><td>36; 42</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ТС-16/0,66

ТСЗ-16/0,66</td><td rowspan="3">16</td><td>380; 660</td><td>230; 400</td><td rowspan="3">100 (125)</td><td rowspan="3">400</td><td rowspan="3">5,8</td></tr>
<tr><td>220</td><td>230</td></tr>
<tr><td>380</td><td>36; 42</td></tr>
</table>

Тип	$S_{т.ном}$, кВ · А	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, Вт		$u_к$, %	$I_х$, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТС-25/0,66	25	380; 660	230; 400	140 (180)	560	4,5	4,8
		220	230				
ТСЗ-25/0,66		380	36; 42				
ТС-40/0,66	40	380; 660	230; 400	200 (250)	800		4
		220	230				
ТСЗ-40/0,66		380	36; 42				
ТС-63/0,66	63	380; 660	230; 400	280 (350)	1050		3,3
ТСЗ-63/0,66		220	230				
ТС-100/0,66 ТСЗ-100/0,66	100	380; 660	230;400	390 (490)	1450		2,7
ТС-160/0,66 ТСЗ-160/0,66	160			560 (700)	2000		2,3
ТСЗ-160/10	160	6; 6,3; 10; 10,5*	0,23; 0,4; 0,69	0,7**	2,7**	5,5	4
ТСЗ-250/10	250	6; 10		1	3,8		3,5
ТСЗ-400/10	400	6; 6,3; 10; 10,5					3
ТСЗА-400/10		6; 10		1,3	5,4		1,8
ТСЗА-400/10		6,3; 10,5	0,4	1,12			1,5
ТСЗА-630/10	630	6; 6,3; 10; 10,5	0,4; 0,69	2	7,3		
ТСЗА-630/10		6,3; 10,5	0,4	1,72			
ТСЗА-630/10		6; 10	0,4; 0,69	2			
ТСЗС-630/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		8,5	8	2
ТСЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	3	11,2	5,5	1,5
ТСЗС-1000/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		12	8	2
ТСЗА-1000/10		6; 6,3; 10		2,5			1,1
ТСЗА-1000/10				2,15			
ТСЗУ-1000/10		6; 10	0,4; 0,69	2,45	10,4	5,5	1
ТСЗ-1600/10	1600			4,2	16		1,5
ТСЗУ-1600/10		6; 10; 10,5		3,4	17		0,7

Тип	$S_{т.ном}$, кВ · А	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, Вт		$u_к$, %	$I_х$, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТСЗЛ-630/10	630	6; 10; 6,3; 10,5	0,4; 0,69	1,65	7,1	5,5	1,4
ТСЗЛ-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	2	10,2		1,0
ТСЗЛ-1600/10	1600			2	15		0,7
ТСЗЛ-2500/10	2500			4	20,25	6	0,65

Примечания. 1. В обозначении типа Т — тр-р, С — сухой, З — защищенный; в числителе $S_{т.ном}$, кВ · А, в знаменателе $U_{ном}$, кВ.

2. Обмотки ВН соединены в звезду; начала и концы фаз обмотки НН выведены на доску зажимов, что позволяет соединять обмотки НН в звезду или в треугольник.

3. Климатическое исполнение УХЛ4.

4. Уровень шума < 65 дБ.

5. Степень защиты IP11 в кожухе, и IP00 — без кожуха. Обмотки ВН — ПБВ ± 5 %.

6. Схема и группа соединений обмоток $\Delta/У_н$-11 для всех исполнений и У/Ун-0 (до 1000 кВ · А включительно).

*Здесь и ниже значения даны в кВ.

**Здесь и ниже значения даны в кВт.

Таблица 3.4.13. **Технические данные трехфазных масляных трансформаторов**

Тип	$S_{т.ном}$, кВ · А	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН		ХХ	КЗ		
а) напряжение до 35 кВ								
ТМ-25/10	25	6, 10	0,4	У/Ун-0 У/Zн-11	130	600 690	4,5 4,7	3,2
ТМ-40/10	40				175	880 1000		3
ТМ-63/10	63				240	1280 1470		2,8

Продолжение табл. 3.4.13

Тип	$S_{т.ном}$, кВ·А	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН		ХХ	КЗ		
ТМ-100/10	100	6, 10	0,4	У/Ун- У/Zн-11	330	1970 2270	4,5 4,7	2,6
ТМ-100/35		35			420		6,5 6,8	
ТМ-160/10 ТМФ-160/10 ТМ-160/35	160	6, 10	0,4	У/Ун-0	510	2650	4,5	2,4
			0,69	Δ/Ун-11		3100		
		35	0,4	У/Zн-11	620	3100	4,7	
							6,5	
							6,8	
ТМ-250/10 ТМФ-250/10	250	6, 10			740	3700	4,5	2,3
						4200	4,7	
ТМ-250/35		35			900	4200	6,5	
							6,8	
ТМ-400/10	400	6, 10		У/Ун-0	950	5500	4,5	2,1
ТМФ-400/10				Δ/Ун-11		5900		
ТМН-400/10				Δ/Ун-11		5900		
ТМ-400/35		35	0,4	У/Ун-0	1200	5500	6,5	
ТМН-400/35			0,69	У/Ун-11		5900		
ТМ-630/10	630	6, 10	0,4	У/Ун-0	1310	7600	5,5	2
ТМФ-630/10			0,4	Δ/Ун-11		8500		
ТМН-630/10			0,69	Δ/Ун-11		8500		
ТМ-630/35		35	0,4	Δ/Ун-0	1600	7600	6,5	
ТМФ-630/35			0,69	Δ/Ун-11		8500		
ТМН-630/35			6,3 11	У/Δ-11 У/Δ-11		7600		

Тип	$S_{т.ном}$, кВ · А	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН		ХХ	КЗ		
ТМ-1000/10*	1000	6, 10	0,4	У/Ун-0	—	—	—	—
			0,69	Δ/Ун-11 Δ/Ун-11				
			3,15 6,3					
		10	10,5	У/Δ-11				
ТМ-1000/35		13,8	0,4	У/Ун-0	2000			
		15,75	0,69	Δ/Ун-11				
		20	6,3 10,5	У/Δ-11				
		35	3,15 6,3 10,5	У/Δ-11		12200 11600		
ТМН-1000/35	1000	20	0,4	У/Ун-0 Δ/Ун-11	2100		6,5	1,4
			0,69	Δ/Ун-11				
			6,3 11	У/Δ-11				
		35	0,4 0,69	У/Ун-0		12200		
			6,3 11	У/Δ-11		11600		

Продолжение табл. 3.4.13

Тип	$S_{т.ном}$, кВ·А	$U_{ном}$ обмоток, кВ ВН	$U_{ном}$ обмоток, кВ НН	Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт ХХ	Потери, Вт КЗ	Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
ТМ-1600/10*	1600	6	0,4	У/Ун-0 Δ/Ун-11	—	—	—	—
			0,69	Δ/Ун-11				
		10	3,15 6,3	У/Δ-11				
ТМ-1600/35	1600	20	0,4	У/Ун-0 Δ/Ун-11	2750	18000	6,5	1,3
			0,69	Δ/Ун-11				
			6,3 10,5	УΔ-11				
		35	0,4 0,69	У/Ун-0				
			3,15 6,3 10,5	У/Δ-11		16500		
ТМН-1600/35	1600	13,8	0,4	Δ/Ун-11	2900			
		15,75	11	У/Δ-11				
		20	0,4	У/Ун-0 Δ/Ун-11				
			0,69	Δ/Ун-11				
			6,3 11					
		35	0,4 0,69	У/Ун-0		18000		
			6,3 11	У/Δ-11		16500		
ТМ-2500/10*	2500	6	0,4 0,69	Δ/Ун-11	3850	23500		1
		10	3,15	У/Δ-11				
		10	6,3 10,5					

Тип	$S_{т.ном}$, кВ·А	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН		ХХ	КЗ		
ТМ-2500/35	2500	20	0,69	Δ/Ун-11	3900	23500	65	1
		35	3,15	У/Δ-11				
		20; 35	6,3 10,5					
ТМН-2500/35		13,8 15,75	6,3 11	У/Δ-11	4100			
		20 35	0,69 6,3	Δ/Ун-11 У/Ун-0				
		20,35	11					
ТМ-4000/10	4000	6 10	3,15	У/Δ-11	5200	33500	7,5	0,9
		10	6,3					
ТМ-4000/35		35	3,15		5300			
		20; 35	6,3 10,5					
ТМН-4000/35		13,8 15,75 20 35	6,3 11		5600			
ТМ-6300/10	6300	10	3,15 6,3 10,5	У/Δ-11	7400	46500	7,5	0,8
ТМ-6300/35		35	3,15		7600			
		20; 35	6,3 10,5					
ТМН-6300/35		35	6,3; 11		8000			
ТД-10000/35*	10000	38,5	6,3 10,5	У/Δ-11	—	—	—	—
ТД-16000/35*	16000	—	—	—	—	—	—	—
ТДЦ-80000/35	80000	15,75	6,3 10,5	Δ/Δ-0	58000	280000	10,0	0,45

Тип	$S_{т.ном}$, кВ·А	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, кВт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
б) модернизированные с масляным диэлектриком							
ТМ-400/10	400	6, 10	0,4; 0,69	900	5500	4,5	1,5
ТМ-630/10	630			1250	7600	5,5	1,25
ТМ-1000/10	1000			1900	10500		1,15
ТМВМЗ-630/10	630			1200	8500		0,4
ТМВМЗ-1000/10	1000			1650	11000		
в) для комплектных трансформаторных подстанций							
ТМЗ-250/10	250	6, 10	0,4; 0,69	740	3700	4,5	2,3
ТМЗ-400/10	400			950	5500		2,1
ТМЗ-630/10 ТНЗ-630/10	630			1310	7600	5,5	1,8
ТМЗ-1000/10 ТНЗ-1000/10	1000			1900	10800		1,2
ТМЗ-1600/10 ТНЗ-1600/10	1600			2650	16500	6	1
ТМЗ-2500/10 ТНЗ-2500/10	2500			3750	24000		0,8
г) напряжение до 220 кВ (мощность в МВ·А)							
ТМН-2500/110	2,5	110	6,6; 11	5,5	22	10,5	1,5
ТМН-6300/110	6,3	115	6,6; 11; 16,5	10	44		1
ТДН-10000/110	10		6,6; 11; 16,5	14	58		0,9
ТДН-16000/110	16		22; 34,5	18	85		0,7
ТДН-25000/110	25		38,5	25	120		0,65
ТДН-40000/110	40			34	170		0,55
ТРДН-25000/110	25		6,3—6,3; 10,5—10,5	25	120		0,65
ТРДН-40000/110 ТРДН-63000/110 ТРДН-80000/110	40 63 80		6,3—10,5	34 50,5 58	170 245 310		0,55 0,5 0,45
ТРДН-63000/110 ТДН-80000/110	63 80	242	38,5	50 58	245 310		0,5 0,45

Тип	$S_{т.ном}$, кВ·А	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, кВт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТРДЦН-125000/110	125	242	10,5—10,5 6,3	105	400	11	0,55
ТД-80000/220	80		10,5; 13,8	79	315		0,45
ТДЦ-125000/220	125		10,5; 13,8	120	380		0,55
ТРДН-32000/220	32	230	6,3—6,3 6,6—6,6 11—11 11—6,6	45	150	11,5	0,65
ТРДНС-40000/220	40	230	6,3—6,3	50	170		0,6
ТРДН-63000/220	63		6,6—6,6 11—11 11,0—6,6	70	265	—	0,5
ТРДЦН-63000/220						—	—
ТРДЦН-100000/220	100		11—11	102	340	12,5	0,65
ТРДЦН-160000/220	160			155	500	—	0,6
ТРДЦН-200000/220*	200			—	—	—	—

Примечания: 1. У трансформаторов, отмеченных звездочкой (*), потери определяют при приемочных испытаниях.

2. Трансформатор ТМВМЗ имеет витой магнитопровод.

Для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН указано напряжение КЗ для обмоток ВН-НН; для обмоток ВН-НН1 (НН2) $u_к$ = 20 % (110 кВ), $u_к$= = 21 % (220 кВ) (у трансформаторов ТРДЦН-100000/220 и 160000/220 для обмоток ВН-НН1 (НН2) $u_к$ = 23 %); для обмоток НН1 -НН2 $u_к$ > 30 % (110 кВ), $u_к$ > 28% (220 кВ).

3. Потери КЗ для трансформаторов с расщепленной обмоткой приведены для обмоток ВН-НН.

4. Схема и группа соединений обмоток трансформаторов Ун/Δ-11, для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН-Ун/Δ-Δ-11-11. у

5. Трансформаторы 110 кВ должны допускать работу с заземленной нейтралью обмоток ВН при условии защиты нейтрали соответствующим разрядником.

6. Вводы и отводы нейтрали НН трансформаторов 110 кВ и выше должны быть рассчитаны на продолжительную нагрузку током, равным номинальному току обмоток ВН.

7. Режим работы нейтрали обмоток ВН трансформаторов 220 кВ — глухое заземление. При этом изоляция нейтрали должна выдержать одноминутное напряжение промышленной частоты, равное 85 кВ (действующее значение).

Таблица 3.4.14. **Технические данные двухобмоточных трансформаторов**

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$u_к$, %	$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			l	b	h	Транс порт-ная	Ак-тив-ной части	Пол-ная
Трансформаторы трехфазные мощностью от 25 до 25000 кВ · А, напряжением 6—10 кВ *без регулирования напряжения*													
ТМ-25/10У1	25	6; 10	0,4	0,13	0,6	4,5	3,2	1,12	0,46	1,22	0,35	0,15	0,35
ТМ-40/10У1	40	6; 10	0,4	0,19	0,88	4,5	3,0	1,12	0,48	1,27	0,45	0,20	0,45
ТМ-63/10 У1	63	6; 10	0,4	0,26	1,28	4,5	2,0	1,12	0,56	1,40	0,54	0,27	0,54
ТМ-100/10У1	100	6; 10	0,4	0,36	1,97	4,5	2,6	1,20	0,80	1,47	0,67	0,35	0,67
ТМ-160/10У1	160	6; 10	04; 0,69	0,56	2,65	4,5	2,4	1,21	0,92	1,58	0,97	0,40	0,97
ТМ-250/10У1	250	6; 10	04; 0,69	0,82	3,70	4,5	2,3	1,26	1,04	1,72	1,30	0,64	1,3
ТМ-400/10У1	400	6; 10	04; 0,69	1,05	5,50	4,5	2,1	1,40	1,08	1,90	1,90	0,89	1,9
ТМ-630/10 У1	630	6; 10	04; 0,69	1,56	7,60	5,5	2,0	1,75	1,27	2,15	3,0	1,40	3,0
ТМ-1000/10У1	1000	6; 10	04—10,5	2,45	12,2	5,5	1,4	2,70	1,75	3,00	5,00	1,98	5,00
ТМС-1000/10 У1	1000	3,15—10,5	0,4—0,525	2,75	12,2	8,0	1,5	2,70	1,77	3,15	6,00	2,00	6,00
ТМ-1600/10 У1	1600	6; 10	04—6,3	3,30	18,0	5,5	1,3	2,45	2,30	3,40	7,00	2,9	7,00
ТМ-2500/10У1	2500	6; 10	04—10,5	4,60	26,0	5,5	1,0	3,50	2,26	3,60	6,40	4,2	8,00
ТМ-4000/10 У1	4000	6; 10	3,15; 6,3	6,40	33,5	6,5	0,9	3,90	3,65	3,90	9,70	5,6	13,2
ТМ-6300/10У1	6300	10	3,15—10,5	9,00	46,5	6,5	0,8	4,30	3,70	4,05	12,1	8,1	17,3

Продолжение таблицы 3.4.14

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$u_к$, %	$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
с регулированием напряжения под нагрузкой: РПН на стороне ВН ±12 % ± 8 ступеней													
ТРДНС-25000/10-73У1	25000	10,5	6,3	25	115	9,5	0,5	6,22	4,3	5,34	47,2	23,1	55,0
С переключением без возбуждения: ПВБ на стороне ВН ±2 × 2,5 %													
Масляные													
ТМЗ-400/10У1	400	6; 10	0,4	1,08	5,50	5,5	4,5	1,72	1,1	1,58	2,1	0,8	2,1
ТМЗ-630/10У1	630	6; 10	0,4	1,68	7,60	6,5	3,2	1,93	1,10	1,83	2,9	1,25	2,9
ТМЗ-1000/10 У1	1000	6; 10	0,4; 0,69	2,45	11,0	5,5	1,4	2,28	1.25	2,07	4,30	2,07	4,30
ТМЗ-1600/10 У1	1600	6; 10	0,4; 0,69	3,30	16,5	5,5	1,3	2,51	1,34	2,58	6,5	2,97	6,50
ТМЗ-2500/10У1	2500	6; 10	0,4; 0,69	4,60	24,0	5,3	1,0	3,50	2,30	3,50	10,0	4,20	10,0
с негорючим заполнением													
ТНЗ-630/10 У1	630	6; 10	0,4	1,68	7,6	5,5	3,2	1,90	1,10	1,80	3,40	1,40	3,40
ТНЗ-1600/10У1	1600	6; 10	0,4; 0,69	3,30	16,5	5,5	1,3	2,50	1,40	2,60	8,00	2,60	8,00
ТНЗ-2500/10У1	2500	6; 10	0,4; 0,69	4,60	24,0	5,5	1,0	3,50	2,30	3,50	12,0	4,20	12,0

Таблица 3.4.15. **Трансформаторы трехфазные мощностью до 63000 кВ · А, напряжением 35 кВ**

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$u_к$, %	$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
Трансформаторы трехфазные мощностью до 6300 кВ · А, напряжением 35 кВ *без регулирования напряжения*													
ТМ-100/35 У1	100	35	0,4	0,46	1,97	6,5	2,6	1,33	0,90	2,2	1,3	0,45	1,3
ТМ-160/35 У1	160	35	04; 0,69	0,70	2,65	6,5	2,6	—	—	—	1,7	0,65	1,7
ТМ-250/35 У1	250	35	04; 0,69	1,00	3,70	6,5	2,6	1,53	1,60	2,18	2,00	0,75	2,00
ТМ-400/35 У1	400	35	04; 0,69	1,35	5,50	6,5	3,5	1,53	1,67	2,22	2,70	1,00	2,70
ТМ-630/35 У1	630	35	04; 0,69	1,90	7,60	6,5	3,0	1,71	1,82	2,37	3,50	1,45	3,50
ТМ-1000/35 У1	1000	20; 35	0,4—10,5	2,75	12,2	6,5	1,5	2,70	1,57	3,15	6,00	2,40	6,00
ТМ-1600/35 У1	1600	20,35	0,4—10,5	3,65	18,0	6,5	1,4	2,66	2,30	3,40	7,10	3,06	7,10
ТМ-2500/35 У1	2500	20; 35	0,69—10,5	5,10	26,0	6,5	1,1	3,80	2,45	3,80	7,62	4,03	9,60
ТМ-4000/35 У1	4000	20; 35	3,15—10,5	6,70	33,5	7,5	1,0	3,85	3,60	3,73	10,6	5,69	13,2
ТМ-6300/35 У1	6300	20; 35	3,15—10,5	9,25	46,5	7,5	0,9	4,25	3,65	3,78	12,2	8,1	10,2
с переключением без возбуждения: ПВБ на стороне ВН ±2 × 2,5 %													
ТД-10000/35 У1	10000	38,5	6,3; 10,5	14,5	65,0	7,5	0,8	2,99	3,76	4,29	20,0	11,4	21,8
ТД-16000/35 У1	16000	38,5	6,3; 10,5	21,6	90,0	8,0	0,6	3,69	3,96	4,84	28,0	15,5	31,8

Продолжение таблицы 3.4.15

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$u_к$, %	$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
с регулированием напряжения под нагрузкой: РПН на стороне ВН ±12 % ± 8 ступеней													
ТМН-1000/35 У1	1000	20; 35	0,4—10,5	2,75	12,2	6,5	1,5	3,50	2,45	3,56	8,10	4,3	8,10
ТМН-1600/35 У1	1600	20; 35	0,4—11,0	3,65	16,5	6,5	1,4	3,70	2,55	3,75	9,6	5,6	9,6
ТМН-2500/35У1	2500	20; 35	0,69—11,0	5,10	26,0	6,5	1,1	3,46	3,49	3,97	12,3	5,4	12,3
ТМН-4000/35У1	4000	20; 35	6,3—11,0	6,70	33,5	7,5	1,0	3,69	3,60	3,99	14,9	7,24	16,3
ТМН-6300/35 У1	6300	20; 35	6,3—11,0	9,25	46,5	7,5	0,9	4,10	3,57	4,11	17,9	9,43	19,6
ТМН-10000/35-74У1	10000	10,5—36,75	3,5—10,5	12,5	60,0	8,0	0,8	5,97	5,40	5,00	24,9	13,9	28,8
ТДНС-16000/35-74У1	16000	10,5—36,75	6,3; 10,5	18,0	85,0	10,0	0,6	8,10	3,07	5,25	31,5	17,4	35,8
ТРДНС-25000/35-72У1	25000	15,75—36,75	6,3; 10,5	25,0	115	9,5	0,5	5,00	4,27	6,56	47,0	28,5	55,0
ТРДНС-32000/15-73 У1	32000	15,75	6,3	30	145	11,5	0,45	6,60	4,3	5,53	54,0	33,0	61,0
ТРДНС-32000/15-72У1	32000	20—36,75	6,3—10,5	30	145	11,5	0,45	6,60	4,30	5,53	54,0	33,0	61,0
ТРДНС-40000/35-74У1	40000	15,75—36,75	6,3; 10,5	36	170	11,5	0,4	6,80	4,50	5,50	55,0	35,0	70,0
ТРДНС-63000/35-72 У1	63000	20—36,75	6,3; 10,5	50	250	11,5	0,35	7,00	4,55	6,06	78	51	91,0

Таблица 3.4.16. **Трансформаторы трехфазные мощностью до 125000 кВ · А, напряжением 110 кВ, с регулированием напряжения под нагрузкой. РПН на стороне НН ±15% ± 10 ступеней, — 12 % — 8 ступеней**

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$u_к$, %	$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$			l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
ТМН-2500/110-73 У1	2500	110	6,6; 11,0	5,5	22	10,5	1,5	4,63	3,54	4,09	22,0	9,70	24,0
ТМН-6300/110-73 У1	6300	115	6,6; 11,0	10,0	48	10,5	1,0	6,09	4,20	5,26	32,0	12,7	37,7
РПН в нейтрали ±16 % ± 9 ступеней													
ТДН-10000/110-70 У1	10000	115	6,6; 11,0	14,0	60	10,5	0,9	6,33	3,70	5,55	37,0	16,1	43,4
ТДН-16000/110-76У1	16000	115	6,6; 11,0	21,0	86	10,5	0,85	6,60	4,40	5,57	44,0	22,4	40,3
ТРДН-25000/110-76 У1	25000	115	6,3; 10,5	25,0	120	10,5	0,75	6,58	4,65	5,82	57,6	32,6	67,2
ТРДН-32000/110-76У1	32000	115	6,3; 10,5	32,0	145	10,5	0,75	7,55	4,72	5,75	65,3	36,8	75,7
ТРДН-40000/110-76У1	40000	115	6,3; 10,5	42,0	160	10,5	0,70	7,28	5,02	6,25	79,0	44,9	92,4
ТРДЦН-63000/110-75У1	63000	115	6,3; 10,5	59,0	245	10,5	0,65	8,31	4,24	6,47	93,0	57,3	109
ТРДЦН-80000/110-75У1	80000	115	6,3; 10,5	70,0	310	10,5	0,60	8,70	5,25	7,00	121	73,8	136
ТРДЦН-125000/110-75У1	125000	115	10,5	100	400	10,5	0,55	8,40	5,70	7,60	138	100	159

Примечания. Значения букв и цифр в структуре условного обозначения трансформаторов двухобмоточных трехфазных: первая буква Т и О — трехфазное и однофазное исполнение; вторая буква или сочетание букв М, Д, ДЦ, Ц, Н — исполнение изоляции активной части, т. е. М, Д, Д, Ц — изоляция масляная, Н — изоляция негорючий заполнитель; исполнение системы охлаждения активной части: М (Н) — естественная циркуляция заполнителя (трансформаторного масла или негорючей жидкости) и теплоотдача через стенки бака трансформатора, а также через трубчатые радиаторы с естественной циркуляцией воздуха; Д — естественная циркуляция масла и принудительная воздуха; ДЦ — принудительная циркуляция масла и воздуха; Ц — принудительная циркуляция масла и охлаждающей воды; буква перед обозначением системы охлаждения Р — с расщепленной обмоткой НН; З — трансформатор без расширителя, защищенный азотной подушкой, герметичный; Н — с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН); С — для собственных нужд электростанций; числитель дроби — номинальная мощность, кВА; знаменатель — номинальное напряжение, кВ; цифра после дроби — год разработки; VI — климатическое исполнение и категория размещения.

Трехфазные масляные герметичные трансформаторы серии ТМГ мощностью 25—1000 кВ·А, напряжением 6—10/0,4 кВ имеют следующие преимущества:

— сохраняют изоляционные свойства масла в течение не менее 25 лет благодаря отсутствию контакта с воздухом;

— занимают меньше места и более компактны;

— имеют меньшие потери холостого хода.

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГ приведены в табл. 3.4.17.

Таблица 3.4.17. **Технические характеристики трансформаторов серии ТМГ**

<table>
<tr><th>Мощность, кВ·А</th><th>Схема и группа соединения</th><th>Потери холостого хода, Вт</th><th>Ток холостого хода, %</th><th>Потери КЗ, Вт</th><th>Напряжение КЗ, %</th></tr>
<tr><td>100</td><td rowspan="3">У/$У_н$-0</td><td>280</td><td>2,2</td><td>1970</td><td rowspan="4">4,5</td></tr>
<tr><td>160</td><td>380</td><td>2,0</td><td>2600</td></tr>
<tr><td>250</td><td>450</td><td>1,8</td><td>3700</td></tr>
<tr><td>400</td><td rowspan="3">У/$У_н$-0
Δ/$У_н$-11</td><td>650</td><td>1,6</td><td>5200</td></tr>
<tr><td>630</td><td>950</td><td>1,4</td><td>7500</td><td>5,5</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>1300</td><td>1,2</td><td>11000</td><td>6,0</td></tr>
</table>

Таблица 3.4.18. **Трехобмоточные трансформаторы**

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ			Потери, кВт		$u_к$, %			$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	СН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		*l*	*b*	*h*	Транспортная	Активной части	Полная
Трансформаторы трехфазные мощностью до 16000 кВ·А, напряжением 35 кВ *с регулированием под нагрузкой* РПН на стороне ВН ±9 % ± 6 ступеней, СН и НН без ответвлений																
ТМТН-6300/35У1	6300	35	10,5—15,75	6,3	12	55	7,5	16,0	7,5	1,2	5,2	4,3	4,5	20	10,0	26,5
РПН на стороне ВН ±12 % не менее ± 8 ступеней, СН и НН без ответвлений																
ТДТН-10000/35У1	10000	36,75	10,5—15,75	6,3	19	61	8,0	16,5	7,0	1,0	6,0	4,3	5,2	26	14,0	35,0
ТДТН-16000/35У1	16000	36,75	10,5—15,75	6,3	28	116	8,0	16,5	7,0	0,95	6,5	4,5	5,5	35	20,0	47,0
Трансформаторы трехфазные мощностью до 80000 кВ·А, напряжением 110 кВ *с регулированием напряжения под нагрузкой* РПН в нейтрали ВН ±16 % ± 9 ступеней, ПБВ на стороне СН 38,5 кВ ± 2 × 2,5 %																
ТМТН-6300/110-73У1	6300	115	38,5	6,6; 11	14	58	10,5	17,0	6,0	1,2	6,2	3,5	3,4	37,6	15,0	44,2
ТДТН-10000/П0-76У1	10000	115	38,5	6,6; 11	19	76	10,5	17,0	6,0	1,1	6,9	3,7	5,4	45	22,0	57,1

Продолжение таблицы 3.4.18

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ			Потери, кВт		$u_к$, %			$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	СН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
ТДТН-16000/110-76У1	16000	115	38,5	6,6; 11	26	96	10,5	17,0	6,0	1,0	7,3	4,5	5,7	61,0	30,0	59,8
ТДТН-250000/110-76У1	25000	115	11,0; 38,5	6,6; 11	36	140	10,5	17,0	6,0	1,0	7,5	5,9	5,9	65,0	37,0	76,6
ТДТН-40000/110-67У1	40000	115	11,0; 38,5	6,6; 11	50	220	10,5	17,0	6,0	0,9	7,5	5,0	6,2	88,0	53,0	103
ТДТН (ТДЦТН)-63000/110-76У1	63000	115	11,0; 38,5	6,6; 11	70	290	10,5	17,0	6,5	0,85	9,4	5,4	7,2	110	68,0	135
ТДТН (ТДЦТН)-80000/110-69У1	80000	115	11,0;38,5	6,6; 11	82	390	10,5	17,0	6,5	0,6	10,3	6,2	8,0	121	80,0	148
Трансформаторы трехфазные мощностью до 63000 кВ · А, напряжением 150 кВ *с регулированием под нагрузкой* РПН в нейтрали ВН ±12 % ± 8 ступеней, ПБВ на стороне СН: при токе до 700 А ± 2 × 2,5 %, при токе более 700 А ± 5 %																
ТДТН-16000/150-70У1	16000	158	38,5	6,6; 11	25	96	10,5	18,0	6,0	1,0	7,9	4,5	6,0	55,0	31,0	64,1

Тип	Номинальная мощность, кВ А	Сочетание напряжений, кВ			Потери, кВт		$u_к$, %			$I_х$, %	Размеры, м			Масса, т		
		ВН	СН	НН	$\Delta P_х$	$\Delta P_к$	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		l	b	h	Транспортная	Активной части	Полная
ТДТН-25000/150-70У1	25000	158	38,5	6,6; 11	34	145	10,5	18,0	6,0	0,9	8,0	4,6	6,4	67,0	37,0	76,0
ТДТН-40000/150-70У1	40000	158	38,5	6,6; 11	53	185	10,5	18,0	6,0	0,8	8,0	4,8	6,7	88,0	54,0	100
ТДТН-63000/150-70У1	63000	158	38,5	6,6; 11	67	285	10,5	18,0	6,0	0,7	8,0	4,9	7,4	109	69,0	131
Трансформаторы трехфазные мощностью до 40000 кВ · А напряжением220 кВ *с регулированием под нагрузкой* РПН в нейтрали ВН ±12 % ± 8 ступеней, ПБВ на стороне СН: при токе: до 700 А ± 2 × 2,5 %, 700—1200 А ± 5 %, более 1200 А без ответвлений																
ТДТН-25000/220-70У1	25000	230	38,5	6,6; 11	50	135	12,5	20,0	6,5	1,2	10,2	5,1	8,1	95	49,0	114
ТДТН-40000/220-70У1	40000	230	38,5	6,6; 11	66	240	12,5	22,0	9,5	1,1	6,7	5,4	9,5	105	57,0	121

Примечания: 1. Структура условного обозначения: Т — трехфазный, Д — принудительная циркуляция воздуха и естественная масла, Т — трехобмоточный, Н — регулирование напряжения под нагрузкой.

2. Мощности обмоток ВН, СН и НН по 100 % номинальной мощности каждая.

Таблица 3.4.19. **Технические характеристики КТП напряжением 6...10 кВ общего назначения для внутренней установки**

Тип	$S_{т.ном}$, кВА	Тип трансформатора	Комплектующее оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТП250/6 и 10/0,4	250	ТМФ-250/10	—	—
2КТП250/6 и 10/0,4	2 × 250	ТМФ-250/10	—	—
КТП 400/6 и 10/0,4	400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
2КТП 400/6 и 10/0,4	2 × 400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
КТП 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТП 630/6 и 10/0,4	2 × 630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
КТПМ 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТПМ 630/6 и 10/0,4	2 × 630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-9
КТП 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	КН-2
2КТП 630	2 × 630	ТСЗ-630/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
КТП 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
2 КТП 1000	2 × 1000	ТСЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-5, КН-6, КН-17, КН-20
КТПМ 1000	1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
2 КТПМ 1000	2 × 1000	ТСЗ- 1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
КТПМ 1600	1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНС-1М
2КТПМ 1600	2 × 1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНВ-2М, ШНС-2М
КТПУ 630	630	ТМЗ-630/10	ВВН	ШН-2М, ШН-4М
2КТПУ 630	2 × 630	ТНЗ-630/10	ШВВ-3	ШН-5; ШН-8
КТПУ 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
2КТПУ 1000	2 × 1000	ТНЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
КТПУ 1600	1600	ТМЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
2КТПУ 1600	2 × 1600	ТНЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
КТПМ 1000	1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНВ-1М, ШНВ-2М
2КТПМ 1000-6/0,4	2 × 1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНЛ-1М, ШНЛ-2М
2КТПМ 1000-6/0,69	2 × 1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ВН-11 или глухой	ШНС-1М, ШНС-2М
КТПМ 1600/10	1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНВ-2М, ШНВ-3М

Тип	$S_{т.ном}$, кВА	Тип трансформатора	Комплектующее оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
2КТПМ 1600/10	2 × 1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНЛ-2М, ШНС-2М
КТПМ 2500-10/0,4	2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНЛ-2К, ШНЛ-3К
2КТПМ 2500-10/0,69	2 × 2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНС-3К, ШНВ-2К

Примечания: 1. Блок высоковольтного ввода выполняется трех типов: ВВ-1 — с глухим присоединением кабеля; ВВ-2 — с присоединением кабеля через разъединитель; ВВ-3 — с присоединением кабеля через разъединитель и предохранитель.

2. Буквы М и У в обозначении типов КТП соответственно обозначают: модифицированный и унифицированный.

Таблица 3.4.20. **Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций наружной установки типа КТПН-72М напряжением 6... 10 кВ**

Показатель	КТПН-72М-160	КТПН-72М-250	КТПН-72М-400
Мощность трансформатора, кВА	160	250	400
Разъединитель	РВЗ-10-400	РВЗ-10-400	РВЗ-10-400
Привод	ПР-10	ПР-10	ПР-10
Ввод	Кабельный	Кабельный	Кабельный

Примечание. КТПН поставляются без силовых трансформаторов

Таблица 3.4.21. **Сопротивления понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 0,4 кВ**

Номинальная мощность, кВ А	Схема соединения обмоток	$u_к$, %	Значение сопротивлений, мОм							
			прямой последовательности			нулевой последовательности		току однофазного КЗ		
			$r_{1т}$	$x_{1т}$	$z_{1т}$	$r_{0т}$	$x_{0т}$	$r_т^{(1)}$	$x_т^{(1)}$	$z_т^{(1)}$
25	$Y/Y_н$	4,5	154	244	287	1650	1930	1958	2418	3110
25	$Y/Z_н$	4,7	177	243	302	73	35,4	—	—	—
40	$Y/Y_н$	4,5	88	157	180	952	1269	1128	1583	1944

Номинальная мощность, кВ А	Схема соединения обмоток	u_k, %	Значение сопротивлений, мОм							
			прямой последовательности			нулевой последовательности		току однофазного КЗ		
			$r_{1т}$	$x_{1т}$	$z_{1т}$	$r_{0т}$	$x_{0т}$	$r_т^{(1)}$	$x_т^{(1)}$	$z_т^{(1)}$
40	$Y/Z_н$	4,7	100	159	188	44	13,4	—	—	—
63	$Y/Y_н$	4,5	52	102	114	504	873	608	1077	1237
63	$Y/Z_н$	4,7	59	105	119	28	12	—	—	—
100	$Y/Y_н$	4,5	31,5	65	72	254	582	317	712	779
100	$Y/Z_н$	4,7	36,3	65,7	75	15,6	10,6	—	—	—
160	$Y/Y_н$	4,5	16,6	41,7	45	151	367	184	450	486
160	$\Delta/Y_н$	4,5	16,6	41,7	45	16,6	41,7	49,8	125	135
250	$Y/Y_н$	4,5	9,4	27,2	28,7	96,5	235	115	289	311
250	$\Delta/Y_н$	4,5	9,4	27,2	28,7	9,4	27,2	28,2	81,6	86,3
400	$Y/Y_н$	4,5	5,5	17,1	18	55,6	149	66,6	183	195
400	$\Delta/Y_н$	4,5	5,9	17	18	5,9	17	17,7	51	54
630	$Y/Y_н$	5,5	3,1	13,6	14	30,2	95,8	36,4	123	128
630	$\Delta/Y_н$	5,5	3,4	13,5	14	3,4	13,5	10,2	40,5	42
1000	$Y/Y_н$	5,5	1,7	8,6	8,8	19,6	60,6	2,3	77,8	81
1000	$\Delta/Y_н$	5,5	1,9	8,6	8,8	1,9	8,6	5,7	25,8	26,4
1600	$Y/Y_н$	5,5	1	5,4	5,5	16,3	50	18,3	60,8	63,5
1600	$\Delta/Y_н$	5,5	1,1	5,4	5,5	1,1	5,4	3,3	16,2	16,5
2500	$\Delta/Y_н$	5,5	0,64	3,46	3,52	0,64	3,46	1,92	10,38	10,56

Примечания: 1. Указанные в таблице значения сопротивлений масляных трансформаторов приведены к напряжению 0,4 кВ.

2. Для трансформаторов со вторичным напряжением 0,23 кВ данные таблицы следует уменьшить в 3 раза, а для трансформаторов со вторичным напряжением 0,69 кВ — увеличить в 3 раза.

Для трансформаторов на напряжение до 35 кВ включительно мощностью до 10 МВ · А и дугогасящих реакторов сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений:

Температура обмотки, °С	10	20	30	40	50	60	70
$R_{60''}$, МОм	450	300	200	130	90	60	40

Сопротивление изоляции сухих трансформаторов при температуре обмоток 20—30 °С должно быть для трансформаторов с номинальным напряжением:

До 1 кВ включительно — не менее 100 МОм;
Более 1 до 6 кВ включительно — не менее 300 МОм;
Более 6 кВ — менее 500 МОм.

Таблица 3.4.22. **Комплектные трансформаторные подстанции**

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Напряжение, кВ		Габариты, мм, не более			Масса, кг
		ВН	НН	длина	ширина	высота	
Однотрансформаторные							
КТП-25-6/0,4	25	6	0,4	1300	1300	2740	740
КТП-25-10/0,4	25	10	0,4	1300	1300	2740	740
КТП-40-6/0,4	40	6	0,4	1300	1300	2740	740
КТП-40-10/0,4	40	10	0,4	1300	1300	2740	845
КТП-63-6/0,4	63	6	0,4	1300	1300	2740	995
КТП-63-10/0,4	63	10	0,4	1300	1300	2740	995
КТП-100-6/0,4	100	6	0,4	1300	1300	2740	1100
КТП-100-10/0,4	100	10	0,4	1300	1300	2740	1100
КТП-160-6/0,4	160	6	0,4	1300	1300	1385	1385
КТП-160-10/0,4	160	10	0,4	1300	1300	2740	1385
КТП-250-10/0,4	250	10	0,4	1500	2100	2900	1850
КТП-100-35/0,4	100	35	0,4	5300	—	11980	2190
КТП-400-6/0,4	400	6	0,4	—	—	—	2310
КТП-400-10/0,4	400	10	0,4	—	—	—	2310
КТП-630-6/0,4	630	6	0,4	—	—	—	—
КТПМ-630-6/0,4	630	6; 10	0,4	—	—	—	—
КТПН-400	400	6; 10	0,4	—	—	—	2865
КТПН-630	630	6; 10	0,4	—	—	—	2865
КТПН-1000	1000	6, 10	0,4	—	—	—	—
Двухтрансформаторные							
КТП-250-6/0,4	2 × 250	6; 10	0,4	—	—	—	—
КТП-400-6/0,4	2 × 400	6; 10	0,4	—	—	—	—
КТП-630-6/0,4	2 × 630	6	0,4	—	—	—	—
КТП-630-10/0,4	2 × 630	10	0,4	—	—	—	—
КТПМ-630-6/0,4	630	6	0,4	—	—	—	—
КТПМ-630-10/0,4	630	10	0,4	—	—	—	—

Продолжение табл. 3.4.22

Параметры КТПП Самарского завода

Наименование параметра	Мощность трансформатора					
	250	400	630	1000	1600	2500
1. Ток электродинамической стойкости (амплитудное), кА: — на стороне ВН — на стороне НН	 51 25	 51 25	 51 50	 51 50	 51 · 70	 51 81
2. Ток термической стойкости в течение 1 с, кА: — на стороне ВН — на стороне НН	 20 10	 20 10	 20 20	 20 20	 20 40	 20 40
3. Схема и группа соединения обмоток трансформатора	$Y/Y_н$-0		$\Delta/Y_н$-11			
4. Число трансформаторов	1 или 2					
5. Компоновка двухтрансформаторных подстанций	Однорядные, двухрядные					

Примечание: Буква М в обозначении типа трансформатора означает магистральные КТП, а Н — КТП наружной установки, П — для объектов промышленности

Таблица 3.4.23. **Технические характеристики КТПБ***

Параметр	Значение параметра на стороне, кВ		
	220	110	35
Номинальная мощность трансформатора, МВ·А	16—125	2,5—63	6,3—16
Тип выключателя	ВМТ-220; ВВБ-220	ММО-110; ВМТ-110; ВВБМ-110	С-35; ВГБЭ-35
Электродинамическая стойкость, кА	51	51	26
Термическая стойкость на стороне ВН, кА·с	20; 3	20; 3	10; 3
Тип шкафа на стороне 6(10) кВ	К-59	К-59	К-59
Удельная материалоемкость**, кг/(кВ·А)	0,165	0,162	0,25
Площадь подстанции**, м	51 × 72	36 × 54	36 × 39

*По номенклатуре завода-изготовителя — КТПБ (М), т. е. модернизированные КТПБ.

**Для схем с фиксированным количеством присоединений.

Таблица 3.4.24. **Регулировочные трансформаторы**

Типоразмер	$U_{ном}$, кВ обмотки		$I_{ном}$, А, регулировочной обмотки	$u_к$, %	$I_х$, %	Потери, кВт		Габариты, м			Масса, т	
	возбуждения	регулировочной				ХХ	КЗ	длина	ширина	высота	полная	масла
Для продольного регулирования												
ВРТДНУ-180000/35/35	38,5; 11	+25,3—26,7	472	4,9—12,6	4	55	150	5,4	4,5	6	80	27
ВРТДНУ-240000/35/35	38,5; 11	±24,2	628	7—10,9	4	70	157	5,6	4,5	7	81	27
ВРТДНУ-270000/35/35	13,8	±14,37	705	7,5—11,7	4,5	70	160	5,6	4,5	7	81	27
ВРТДНУ-360000/35/35	10,5; 18	±24,2	860	9,7—15,7	4	65	255	5,6	4,9	7	83	26
ВРТДНУ-405000/35/35	38,5; 20; 13,8	±26,4	740	7,5—12	5	80	195	5,6	4,5	7	81	26
ВРТДНУ-480000/35/35	38,5	±18,25	1148	8,8—14,5	5	87	237	5,6	4,9	7	85	27
ВРТДНУ-750000/35/35	38,5; 11	±25	1013	7—10,5	5,5	90	230	7,8	4,7	7	123	38

Продолжение таблицы 3.4.24

Типоразмер	$U_{ном}$, кВ обмотки		$I_{ном}$, А, регулировочной обмотки	$u_к$, %	$I_х$, %	Потери, кВт		Габариты, м			Масса, т	
	возбуждения	регулировочной				ХХ	КЗ	длина	ширина	высота	полная	масла
Для линейного регулирования												
ЛТМН-16000/10	6,6 11	±0,99 +1,65	1400 840	$\frac{10,7—92,5}{0—0,36}$ $\frac{10,6—92}{0—0,28}$	2—5	3—10	35	4,58	3,72	4,92	26	10,6
ЛТДН-40000/10	6,6 11	±0,99 +1,65	3499 2099	$\frac{10,4—92,2}{0—0,7}$ $\frac{10,6—92,2}{0—0,7}$	2,5—3,5	7—20	70	4,9	4,5	4,6	36	11,9
ЛТДН-63000/35	38,5	+5,78	945	$\frac{10—94,3}{0—0,45}$	2,1—3,1	12—28	110	5,2	4,5	5,6	47,3	15,6
ЛТДН-100000/35	38,5	±8,78	1499	$\frac{10,5—92}{0—1,22}$	1,5—3,1	15—43	140	5,5	4,7	5.9	67,6	22,6

Примечание. В типоразмере В — вольтодобавочный, Р — регулировочный, Т — трехфазный, Л — линейный, Д (М) — вид системы охлаждения, Н — переключение ответвлений под нагрузкой, У — усовершенствованный; в числителе — проходная мощность, кВ·А; в знаменателе — $U_{ном}$ обмотки возбуждения и регулировочной обмотки, кВ.

Таблица 3.4.25. **Комплектные трансформаторные подстанции (КТПН) 6—10/0,4 кВ наружной установки Хмельницкого завода трансформаторных подстанций**

Показатели	КТП-400У1	КТП-630У1; КТП-1000У1; 2КТП-830У1; 2КТП-1000У1
$S_{т.ном}$, кВ·А	400	630; 1000; 2 × 630; 2 × 1000
Тип силового тр-ра	ТМФ-400/6—10	ТМЗ-630/6—10; ТМЗ-1000/6—10
Шкаф ввода ВН:	ШВВ-1	ШВВ-1
Коммутационный аппарат	ВНРу-10	ВНРу-10
Габариты, мм	1200 × 1360 × 2450	1200 × 1360 × 2450
Масса, кг	660	660
Шкаф ввода НН:	КБН-1	КНН-1; КНН-2
Коммутационный аппарат:		
ввода	АВСМ-10СВ	АВСМ-20СВ
линий	2 шт. БПВ-2; 2 шт. БПВ-1; 2 шт. БПВ-4	АВМ-4В; АВМ-10В или АВМ-20СВ; АВМ-4В
Количество отходящих линий	5—6	7—9
Габариты КТПН, мм	4060×1220×2050	Ширина по заказу 1185 (1255) × 2000
Масса КТПН, кг	2880	Определяется заказом

Городские комплектные трансформаторные подстанции (ГКТП) 160, 250, 400 и 630 кВ·А, 6—10/0,4 кВ

Электродинамическая стойкость на ВН, кА	41
Термическая стойкость (1с) на ВН, кА	16
Электродинамическая стойкость на НН, кА	32
Термическая стойкость (3 с) на НН, кА	12,5
Тип тр-ра:	
ТМ (160, 250 и 400 кВ·А)	
ТМ и ТМЗ (630 кВ·А)	
Количество тр-ров:	
ГКТП	1
2ГКТП	2
Степень защиты	IP23
Количество отходящих линий:	
ГКТП	6
2ГКТП	17
Масса, т:*	
ГКТП	4,2/3,1; 4,5/3,1; 5,1/3,2; 6,2/3,2
2ГКТП	8,4/6,2; 9,1/6,2; 10,2/6,5; 12,5/6,6
Габариты, м:	
ГКТП	4,7 × 2,85 × 2,75
2ГКТП	8,95 × 2,85 × 2,75

* В числителе — с учетом, в знаменателе — без учета массы тр-ра.

Таблица 3.4.26. **Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 6—10/0,4 кВ внутренней установки**

Показатели	Хмельницкий завод трансформаторных подстанций			Чирчикский трансформаторный завод		Минский электротехнический завод
	КТП-400	КТП-630, КТП-1000	КТП-630-10-81; КТП-1000-10-81	КТПУ-630; КТПУ-1000	КТП-630; КТП-1000; КТП-1600; КТП-2500	КТП-СН-0,5
$S_{т.ном}$, кВ·А	400	630; 1000	630; 1000	630; 1000	630; 1000; 1600;	400; 630; 1000
Тип силового трансформатора	ТМФ	ТМЗ; ТСЗ	ТМЗ; ТСЗ	—	—	ТСЗ; ТСЭС
Шкаф ввода ВН:						
Тип шкафа	ШВВ-1	ШВВ-1	ШВВ-1	—	—	Кабельная коробка
Коммутационный аппарат	ВНР$_у$-10	ВНР$_у$-10	ВНР$_у$-10	ВН-10	ВН-10	Глухой ввод
Габариты, мм	1200×1360×2447	1200×1360×2447	1200×1360×2447	860×1200×2500	860×1200×2500	
Масса, кг	660	660	660	500	500	—
Шкаф НН:						
Ввод	КБ-2; КБ-3	КН-2; КН-6	ШВН-1; ШВН-2	—	—	4ШН; 5ШН; 6ШН
Секционный	КБ-4	КН-3	ШСН-3; ШСН-4	—	—	12КМ
Линейный	КБ-5	КН-4; КН-5; КН-20	ШЛН-2; 3; 5	—	—	—

Продолжение таблицы 3.4.26

Показатели	Хмельницкий завод трансформаторных подстанций			Чирчикский трансформаторный завод		Минский электротехнический завод
	КТП-400	КТП-630, КТП-1000	КТП-630-10-81; КТП-1000-10-81	КТПУ-630; КТПУ-1000	КТП-630; КТП-1000; КТП-1600; КТП-2500	КТП-СН-0,5
Коммутационный аппарат:						
На вводах и секционный	АВМ10СВ и 4БПВ	АВМ20СВ и 2АВМ4В	ЭО6В; Э16В; А3700	АВМ20В; АВМ10В	Э06В; Э16В; Э25В; Э4ОВ	—
На отходящих линиях	Блоки БПВ	АВМ4В; А3700	АВМ4В; А3700; БПВ	АВМ10В; А3700	Э06В; Э16В; Э25В; А3700	А3710—А3740
Габариты, мм:						
ввода и секционного	750×820×2000	1300×1148×2380	650×1150×2310	1250×2200×1300	800×2200×1500 1100×2200×1500	
линейного	400×820×2000	1300×1148×2380	650×1150×2310	800×2200×1300	800×2200×1500	
Масса, кг:						
ввода	330	850	687	980	600—1800	—
секционного	320	850	418	860	700—1000	—
линейного	130	350—850	390	700	600—1200	—

Примечания: 1. В обозначении тр-ров: ТМФ — трехфазный, масляный с баком повышенной прочности; ТМЗ — с герметизированным баком; ТСЗ — сухой.

2. КТП-СН-0,5 предназначена для питания потребителей с. н. напряжением 0,4 кВ ТЭС и АЭС.

3. В пожароопасных зонах любого класса открытая установка КТП с масляным тр-ром не допускается. В них могут размещаться встроенные КТП с масляными тр-рами, количество и мощность которых определяются, как и для помещений с нормальной средой.

3.5. Силовые выключатели

Силовые выключатели предназначены для включения, отключения и переключения рабочих токов при нормальном режиме и отключения токов КЗ при аварийных режимах.

Обозначения типов выключателей: *первая буква*: В — выключатель; М — маломасляный; *вторая буква*: М — маломасляный; В — вакуумный; Г — горшковый; П — подвесное исполнение полюсов; Э — с электромагнитным приводом; К — колонковый или для КРУ; Б — вакуумный; *третья буква*: М — модернизированный; Э — с электромагнитным приводом; П — привод пружинно-моторный или подвесное исполнение полюсов; СН — специального назначения; Т — трехполюсный; К — подвесное исполнение полюсов; *четвертая буква*: С — сейсмостойкий: Ч — для частых коммутации; Э — электромагнитный привод; *первое число* — номинальное напряжение, кВ; второе и третье числа — соответственно номинальный ток отключения, кА, и номинальный ток, кА; буквы *после* этих чисел: У — для умеренного климата; Т — для тропического климата; ХЛ — для холодного климата; *последняя цифра*: 1 — для работы на открытом воздухе; 2 — для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Таблица 3.5.1. **Технические данные выключателей**

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл}$., кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
Маломасляные									
ВММ-10А-400-10У2	10	400							
ВММ-10-630- 10У2		630	10	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВММ-10-320-10Т3	11	320							
ВПМ-10-20/630У3									0,11; 0,14
ВПМ-10-20/630У2		630							0,14
ВПМП-10-20/630У3								20/4	
ВПМ-10-20/1000У3									
ВПМ-10-20/1000У2	10	1000							0,11; 0,14
ВПМП-10-20/1000У3			20	52	20	52	20		
ВМПЭ-10-630-20У3		630							
ВМПЭ-10-1000-20У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-20У3		1600						20,8	0,095
ВМПЭ-11-630-20Т3	11	630							
ВМПЭ-11-1250-20Т3		1250							

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВМПЭ-10-630-31,5У3	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-10-1000-31,5У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-31,5У3		1600							
ВМПЭ-10-3150-31,5У3		3150							0,12
ВМПЭ-11-630-31,5Х3	11	630							0,095
ВМПЭ-11-1250-31,5Т3		1250							
ВМПЭ-11-2500-31,5Т3		2500							
ВК-10-630-20У2	10	630	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВК- 10-630-20Т3	11								
ВК-10-1000-20У2	10	1000							
ВК-10-1250-20Т3	11	1250							
ВК-10-1600-20У2	10	1600							

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВК-10-630-31.5У2	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,07
ВК-10-630-31,5Т3	11								
ВК-10-1000-31,5У2	10	1000							
ВК-10-1250-31,5Т3	11	1250							
ВК-10-1600-31,5У2	10	1600							
ВКЭ-10-20/630У3		630	20	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/630Т3	11								
ВКЭ-10-20/1000У3	10	1000							
ВКЭ-10-20/1250Т3	11	1250							
ВКЭ-10-20/1600У3	10	1600							
ВКЭ-10-31,5/630У3	10	630	20	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/630Т3	11								
ВКЭ-10-31,5/1000У3	10	1000							
ВКЭ-10-31,5/1250Т3	11	1250							
ВКЭ-10-3 1,5/1600У3	10	1600							

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
МГГ-10-3150-45У3	10	3150/—	45/45	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-4000-45У3		4000/—							
МГГ-10-5000-45У3		5000/—							
МГГ-10-5000-63У3		—/5000	63/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,13
МГГ-10-2000-45Т3	11	—/2000	45/45	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-3150-45Т3		—/3150							
МГГ-10-4000-45Т3		—/4000							
МГГ-11-3500/1000Т3	11,5	4000/3500	64/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,12
Электромагнитные									
ВЭМ-10Э-1000/20У3	10	1000	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВЭМ-10Э-1250/20У3		1250							

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном.вкл}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВЭ-6-40/1600У3(Т3)	6(6,6)	1600	40	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/2000У3(Т3)		2000							
ВЭ-6-40/3200У3(Т3)		3200							
ВЭС-6-40/1600У3(Т3)		1600							
ВЭС-6-40/2000У3(Т3)		2000							
ВЭС-6-40/3200У3(Т3)		3200							
ВЭЭ-6-40/1600У3(Т3)		1600							
ВЭЭС-6-40/1600У3(Т3)								40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/2000Т3	6,6	2000							
ВЭЭС-6-40/2000Т3									
ВЭЭ-6-40/2500У3(Т3)	6(6,6)	2500							
ВЭЭС-6-40/2500У3(Т3)									
ВЭЭ-6-40/3150У3	6	3150							
ВЭЭС-6-40/3150У3									

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВЭ-10-1250-20-У3(Т3)	10	1250	20	51	20	51	20	20/4	0,075
ВЭ-10-1600-20-У3(Т3)		1600							
ВЭ-10-2500-20-У3(Т3)		2500							
ВЭ-10-3600-20-У3(Т3)		3600							
ВЭ-10-1250-31,5-У3(Т3)		1250	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВЭ-10-1600-31,5У3(Т3)		1600							
ВЭ-10-2500-31,5-У3(Т3)		2500							
ВЭ-10-3600-31,5-У3(Т3)		3600							
ВЭ-10-40/1600У3	10	1600	40	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/1600Т3	11								
ВЭ-10-40/2500У3	10	2500							
ВЭ-10-40/2500Т3	11								
ВЭ-10-40/315ОУ3	10	3150							
ВЭ-10-40/3150Т3	11								

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
Вакуумные									
ВВТЭ-10-10/630У2	10	630	10	25	10	25	10	10/3	0,05
ВВТП-10-10/630У2									
ВВТЭ-10-20/630УХЛ2			20	52	20	52	20	20/3	
ВВТП-10-20/630УХЛ2									
ВВТЭ-10-20/1000УХЛ2		1000							
ВВТП-10-20/1000УХЛ2									
ВВЭ-10-20/630У3		630							
ВВЭ-10-20/1000У3		1000							
ВВЭ-10-20/1600У3		1600							
ВВЭ-1О-31,5/630У3	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1000У3		1000							
ВВЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВЭ-10-31,5/2000У3		2000							
ВВЭ-10-31,5/3150У3		3150							

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВВЭ-10-20/630Т3	11	630	20	52	20	52	20	20/3	0,075
ВВЭ-10-20/1250Т3		1250							
ВВЭ-10-31,5/630Т3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВЭ-10-31,5/1250Т3		1250							
ВВЭ-10-31,5/1600Т3		1600							
ВВЭ-10-31,5/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/1250Т3	10	1250	40	112	40	112	40	10/3	0,07
ВВЭ-10-40/1600У3		1600							
ВВЭ-10-40/1600Т3									
ВВЭ-10-40/2000У3		2000							
ВВЭ-10-40/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/3150У3		3150							

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВВ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/3	0,07
ВВ-10-20/1000У3		1000							
ВВ-10-20/1250Т3		1250							
ВВ-10-20/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВ-10-31,5/630Т3									
ВВ-10-31,5/1000У3		1000							
ВВ-10-31,5/1250Т3		1250							
ВВ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/1600Т3									
ВБПЧ-С-10-20/1000У3	10	1000	20	50	20	51	20	20/3	0,04

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВБПЭ-10-20/630У3	10	630	20	52	31,5	52	20	20/3	0,08
ВБПЭ-10-20/1000У3		1000							
ВБПЭ-10-20/1600У3		1600							
ВБПЭ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВБПЭ-10-31,5/1000У3		1000							
ВБПЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВБСН-10-25/1000У3	6; 10	1000	25	63	25	63	25	25/3	0,06
ВБКЭБ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/3	0,07
ВБКЭБ-10-20/1000У3		1000							
ВБКЭБ-10-20/1600У3		1600							
ВБКЭБ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВБКЭБ-10-31,5/1000У3		1000							
ВБКЭБ-10-31,5/1600У3		1600							

Продолжение таблицы 3.5.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном. откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном. вкл}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
ВБКЭР-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/3	0,08
ВБКЭР-10-20/1000У3		1000							
ВБКЭР-10-20/1600У3		1600							
ВБМЭ-10-40/2500У3		2500	40	100	40	100	40	40/3	0,07
ВБМЭ-10-40/3150У3		3150							
ВВ/TEL-6-8/800	6	800	8	20	8	20	8	8/3	0,025
ВВ/TEL-6-10/800			10	25	10	25	10	10/3	
ВВ/TEL-10-8/800	10		8	20	8	20	8	8/3	
ВВ/TEL-10-12,5/800			12,5	32	12,5	32	12,5	12,5/3	
ВВ/TEL-10-16/800			16	40	16	40	16	16/3	
ВВ/TEL-10-20/800			20	50	20	50	20	20/3	
ВБТ-10-20/630УХЛ3		630		52		52			0,05

Дополнения к таблице 3.5.1

1. Вакуумные выключатели серии ВБПЭ-10 могут быть установлены взамен ВМПЭ-10 в КРУ следующих серий: КРУ-2- 10- 20; К-111; К-111У; К-XII; К-XXVI; К-37; К-44 (без переделки тележки КРУ).

2. Вакуумные выключатели ВВ-10 и ВВЭ-10 предназначены для частых коммутаций во внутренних установках напряжением 10 кВ трехфазного переменного тока.

3. Вакуумные выключатели типа ВБСН-10-25/1000У3 применяются в КРУ насосных перекачивающих станций и используются для замены маломасляных выключателей HL-4-8 чешского производства в шкафах КРУ типа RS465, находящихся в эксплуатации. Конструкция исключает возникновение в электроустановках перенапряжений при отключении индуктивных токов (в том числе при коммутации электродвигателей).

4. Вакуумные выключатели серии ВБКЭБ-10 предназначены для замены выключателей серии ВКЭ-10 на номинальные токи 630-1600 А и токи отключения до 31,5 кА.

5. Вакуумные выключатели серии ВБКЭР-10 приспособлены для замены маломасляных выключателей типа ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104, К-59.

6. Вакуумные выключатели серий ВБМЭ-10 предназначены для замены выключателей серий ВМПЭ-10 и ВЭМ-6.

7. Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL имеют следующие преимущества, по сравнению с традиционными вакуумными выключателями:

высокий механический ресурс;

малое потребление электроэнергии по цепям включения и отключения;

малые габариты и массу;

возможность управления как по цепям оперативного постоянного, так и оперативного переменного токов;

отсутствие необходимости ремонтов в течение всего срока службы;

малая трудоемкость производства и, как следствие, умеренная цена.

Управление вакуумным выключателем осуществляется встроенным электромагнитным приводом с магнитной защелкой.

Опыт эксплуатации КРУ показывает, что наиболее уязвимым элементом в его составе является выключатель. С появлением вакуумных выключателей стала целесообразной замена ими масляных, которые уступают первым по технико-эксплуатационным характеристикам и просто исчерпали свой срок службы. Такая замена выключателей не требует замены всего КРУ и службам эксплуатации обходится минимальными затратами.

Выключатели ВВ/TEL конструктивного исполнения 1 и 2 предназначены в основном для замены выключателей ВМП-10, ВМПЭ-10, ВМПП-10, ВК-10, ВКЭ-10, а также для применения во.вновь разрабатываемых выкатных элементах ячеек КРУ.

Выключатели ВВ/TEL конструктивного исполнения 3 предназначены в основном для замены в шкафах КСО и КРН масляных выключателей ВМГ-133 и им подобных, а также для применения во вновь разрабатываемых шкафах КСО и КРН.

В настоящее время фирмой "Таврида Электрик" разработаны и внедрены в эксплуатацию проекты реконструкции следующих КРУ: КСО-266,

КСО-272, КСО-285, КСО-292, КСО-2200, КСО-2УМ, КСО ЛП-318, КСО Д-13Б, КСО КП-03-00, КРН-Ш, КРН-IY, КРУН МКФН, КРУН K-YI.

Выкатной элемент с вакуумным выключателем типа BB/TEL с электромагнитным приводом предназначен для работы в шкафах КРУ внутренней и наружной установки номинальным напряжением до 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для системы с изолированной нейтралью и служит для установки в КРУ, а также для замены колонковых маломасляных выключателей типа ВК в КРУ серий: К-47, К-49, К-59, К-104, К-104М, КМ-1, КМ-1Ф, КРУН-6. Универсальный модуль (выкатной элемент, вакуумный выключатель и блокировки) фирмы "Таврида Электрик" органично встраивается вместо выключателей серии ВМП, в выкатные тележки следующих КРУ: К-37, КРУ2-10, K-XII, K-XIII, K-XXVI, КР-10/500.

В настоящее время внедрены специальные проекты по КРУ: K-YIy (K-IIIy; KIY), CSIM (Германия), КЗ-02 (Болгария), К-201, К-201М, ВЭМ-10.

Таблица 3.5.2. **Технические данные выключателей типов ВГМ-15 и МГУ-20***

Параметры	Тип выключателя	
	ВГМ-15	МГУ-20
Номинальное напряжение, кВ	15	20
Номинальный ток, А	11200	6300
Номинальный ток отключения, кА	90	90
Собственное время отключения выключателя, не более, с	0,15	0,15
Полное время отключения выключателя, не более, с	0,2	0,2
Собственное время включения выключателя, не более, с	0,7	0,8

*Выключатели (высоковольтные маломасляные) применяют в сетях как с изолированной, так и с глухозаземленной нейтралью.

Таблица 3.5.3. **Вакуумные выключатели**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th colspan="6">Параметры</th></tr>
<tr><th>$I_{ном}$, А</th><th>$I_{откл.ном}$, кА</th><th>$t_{откл}$ (полное), с</th><th>$t_{откл}$ (собственное), с</th><th>Коммутационная износостойкость при $I_{откл.ном}$</th><th>Механический ресурс циклов ВО</th></tr>
<tr><td>ВВТЭ-М-10-31,5 20/630, 1000, 1600</td><td rowspan="4">630 1000 1600</td><td rowspan="2">12,5; 20; 31,5</td><td>0,04</td><td>0,1</td><td rowspan="4">50</td><td>30000</td></tr>
<tr><td>ВБПС-10 20/630, 1000, 1600</td><td>0,055</td><td>0,06</td><td>25000</td></tr>
<tr><td>ВВЭ-М-10-31,5 20/630,1000, 1600</td><td rowspan="2">20; 31,5</td><td>0,04; 0,05</td><td>0,1</td><td>30000</td></tr>
<tr><td>ВБПВ-10 20/630, 1000, 1600</td><td>0,055</td><td>0,06</td><td>25000</td></tr>
</table>

Тип	Параметры					
	$I_{ном}$, А	$I_{откл.ном}$, кА	$t_{откл}$ (полное), с	$t_{откл}$ (собственное), с	Коммутационная износостойкость при $I_{откл.ном}$	Механический ресурс циклов ВО
ВВЭ-М-10-31,5; 40 2000, 2500, 3150	2000 2500 3150	31,5; 40	0,05	0,1	50	10000
ВБЧ-СП-10-31,5 (ВБЧ-СЭ-10-31,5) 20/630, 1000, 1600	630 1000 1600	20; 31,5	0,04			30000
ВБСК-10-12,5 20/630, 1000	2000 2500 3150	31,5; 40	0,05	0,2		50000

Выключатели вакуумные серии ВБЭ-110 применяют для ЗРУ напряжением 110 кВ, в том числе для коммутации трансформаторов ДСП; привод электромагнитный.

Основные технические данные:

номинальное напряжение, кВ 110;
наибольшее рабочее напряжение, кВ. 126;
номинальный ток, А. 1250; 1600;
номинальный ток отключения, кА. 20; 31,5;
отключаемый емкостной ток, не более, А 1600;
собственное время отключения с приводом, не более, с 0,06;
время отключения выключателя, не более, с 0,08;
механический ресурс, число циклов "ВО" 10000;
коммутационная износостойкость, число циклов "ВО":
— при номинальном токе. 20000;
— при номинальном токе отключения . . . . 50.

Выключатели маломасляные серии МГГ-10 (масляные, генераторные, горшковые) с электромагнитным приводом типа ПЭ-21 имеют следующие технические данные:

номинальное напряжение, кВ 10;
наибольшее рабочее напряжение, кВ. 12;
номинальный ток, А. . . . . 2000÷5000;
номинальный ток отключения, кА. 45;
собственное время включения выключателя с приводом, с . . . $\leqslant$ 0,4;
собственное время отключения выключателя с приводом, с . . $\leqslant$ 0,12;

Выключатели вакуумные серии ВБЦ-35 (трехполюсные) применяют в электроустановках с частыми коммутациями; выключатель заменяет любой выключатель класса 35 кВ внутренней установки; имеет встроенное устройство ограничения перенапряжений.

Основные технические данные:

номинальное напряжение, кВ 35;
наибольшее рабочее напряжение, кВ 40,5;
номинальный ток, А 1250; 1600;
номинальный ток отключения, кА 20;
отключаемый емкостной ток, не более, А 1250;
стойкость при сквозных токах:
— ток термической стойкости, кА (3 с) 20;
— амплитуда предельного сквозного тока, кА 50;
собственное время отключения с приводом, не более, с 0,06;
время отключения выключателя, не более, с 0,08;
собственное время включения, не более, с 0,3;
механический ресурс, число циклов "ВО" 50000;
коммутационная износостойкость, число циклов "ВО":
— при номинальном токе 20000;
— при номинальном токе отключения операций "ВО" 50;
— при номинальном токе отключения операций "О" . . . . . . 70.

Выключатели вакуумные серии ВБКЭ-10 с пружинным приводом приспособлены для встраивания в шкафы КРУ выкатного типа и предназначены для замены маломасляных выключателей типов ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серии КМ-1, К-104, К-59, K-XII, K-XXVI, КРУ-2-10, КРУ-37.

Основные технические данные:

номинальное напряжение, кВ 10;
номинальный ток, А 630; 1000; 1600;
номинальный ток отключения, кА 20; 31,5;
нормированные параметры тока включения, кА:
— наибольший пик тока КЗ 52; 80;
— начальное действующее значение периодической составляющей . 20; 31,5;
предельный сквозной ток, кА:
— начальное эффективное значение периодической составляющей . 20; 31,5;
— амплитуда 52; 80;
предельный ток термической стойкости, кА 20; 31,5;
время протекания предельного тока термической стойкости, с 3;
минимальная бестоковая пауза при АПВ, не более, с 0,3;
собственное время отключения выключателя, не более, с 0,06;

полное время отключения выключателя, не более, с 0,08;
собственное время включения выключателя, не более, с 0,06;
ресурс по механической стойкости, циклов "ВО":
— при номинальном токе отключения 50;
— при номинальном токе. 25000.

Таблица 3.5.4. **Значения сопротивлений постоянному току токоведущего контура контактной системы масляных и электромагнитных выключателей**

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ВПМ-10	630	78
	1000	72
МГ-10, МГ-20	5000	300*
	6000	Нет данных
МГГ-10	3150	18; 240*
	4000	14; 240*
	5000	12; 240*
ВМ-14, ВМ-16	200	350
	600	150
	1000, 1250	100
ВМ-22, ВМ-23	600	150
	1000, 1500	100
ВМГ-133	600	100
	1000	75
ВМГ-10	630	75
	1000	70
ВПМП-10	630	78
	1000	72
ВМПЭ-10	630	50
	1000	40
	1600	30
ВМПП-10	630	55
	1000	45
	1600	32
ВМП-10, ВМП-10П	600	55
	1000	40
	1500	30

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ВММ-10	630	85
ВК-10, ВКЭ-10	630	50/45**
	1000	45/40**
	1600	25
ВЭ-10, ВЭС-6	1600	30
	2000—2500	20
	3200—3600	15
С-35	630	310
	3200	60
МКП-35	1000	250
ВТ-35, ВТД-35	630	550
МКП-110Б	630	1300
	1000	800
У-110-2000-40	2000	800
У-110-2000-50	2000	365
У-220-1000/2000-25	2000	600
У-220-2000-40	2000	450
ВМТ-110	—	115/85***
ВМТ-220	—	115/85***
ММО-110	1250	180
ВМПЭ-10	3150	10
ВММ-10	400	55
МКП-220	600	1200
МКП-274	600	800
МКП-110М	630	800
МКП-110-5	1000	800
ВКЭ-М-10	1600	25

*Сопротивление дугогасительных контактов.

**В числителе указаны данные для выключателей на номинальный ток отключения 20 кА, в знаменателе — на 31,5 кА.

***В числителе указано сопротивление дугогасительного устройства для выключателей на номинальный ток отключения 25 кА, в знаменателе — на 40 кА.

Таблица 3.5.5. **Скоростные и временные характеристики масляных и электромагнитных выключателей**

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
ВПМ-10	2,3 ± 0,3/2,4 ± 0,3	2,6/3,9	0,3	0,12
МГ-10	2,2 ± 0,2/1,8 ± 0,3	—/2,4	0,75	0,135
МГ-20	2,0 ± 0,3/1,8 ± 0,3	—/2,3	0,8	0,155
МГГ-10-45У3	2,3 ± 0,3/2,5 ± 0,2	2,6/3,6	0,4	0,12
МГГ-10-5000-63У3	3,0 ± 0,3/2,5 ± 0,2	3,6/3,6	0,4	0,11
ВМ-14, ВМ-16	1,65/1,22	1,8/1,24	0,24	0,12
ВМ-22	1,6/1,5	—	0,24	0,15
ВМ-23	1,8/1,75	—	0,28	0,15
ВМГ-133	2,4÷3/1,75÷2	3,2/3,2	0,23	0,1
ВМГ-10	2,0÷2,6/2,1÷2,7	2,6/3,9	0,3	0,12
ВПМП-10	2,4÷2,8/2,2÷0,3	3,2/3,2	0,3	0,12
ВМПЭ-10-630(1000, 1600)	4,7 + 0,3/3,0 + 0,3	5,7/5,0	0,3	0,07
ВМПЭ-10-3150	4 + 0,4/3,1 + 0,3	5,7/4,5	0,3	0,09
ВМП-10	4,5 ± 0,5/3,4 ± 0,4	5,0/5,0	0,3	0,1
ВМП-10П	4,5 ± 0,4/3,5 ± 0,3	6,0/5,0	0,2	0,1
ВММ-10	—/2,3 + 0,2	—	0,2	0,1
ВМПП-10-20	4,2 + 0,4/2,5 + 0,2	—	0,2	0,1
ВМПП-10-31,5	4,5 + 0,4/2,8 + 0,2	—	0,2	0,1

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
ВК-10-20-63 0(1000)	3,5 + 0,3/2,5 + 0,2	—	0,075	0,05
ВК-10-20-1600	3,2 ± 0,3/2,3 ± 0,2	—	0,075	0,05
ВК-10-31,5-630(1000)	4,2 + 0,4/2,5 ± 0,2	—	0,075	0,05
ВК-10-31,5-1600	4,0 + 0,4/2,3 ± 0,2	—	0,075	0,05
ВЭ-10-1250(1600)-20	5,2 + 0,5/3,5 + 0,4	—	0,075	0,06
ВЭ-10-2500-(3600)-20	4,8 + 0,5/3,0 + 0,3	—	0,075	0,06
ВЭ-10-1250(1600)-31,5	6,5 + 0,6/3,5 + 0,4	—	0,075	0,06
ВЭ-10-2500(3 600)-31,5	5,8 + 0,673,0 + 0,3	—	0,075	0,06
ВЭ(С)-6	5,8 + 0,6/3,0 + 0,3	—	0,075	0,06
ВКЭ-10-20-630(1000)	4,0 + 0,4/2,5 ± 0,2	—	0,3	0,07
ВКЭ-10-20-1600	3,8 + 0,4/2,3 ± 0,2	—	0,3	0,07
ВКЭ-10-31,5-630(1000)	4,0 + 0,4/2,5 ± 0,2	—	0,3	0,07
ВКЭ-10-31,5-1600	3,8 + 0,4/2,3 + 0,2	—	0,3	0,07
С-35-630 с приводом ШПЭ-12	2,7 ± 0,3/1,0 ± 0,2	3,0 − 0,3/1,6 + 0,2	0,34	0,05
С-35-630 с приводом ПП-67	2,7 ± 0,3/1,0 ± 0,2	3,0 − 0,3/1,6 ± 0,2	0,4	0,12
С-35-3200-50 с приводом ШПЭ-38	2,3 + 0,2/1,5 + 0,2	3,2 − 0,3/2,4 − 0,2	0,64	0,055
МКП-35	1,7 + 0,2/1,6 + 0,2	3,2 − 0,3/3,6 − 0,2	0,4	0,05
ВТ-35	1,8 ± 0,3/1,1 ± 0,2	2,1 ± 0,3/2,7 ± 0,2	0,35	0,12
ВТД-35	2,2 ± 0,3/1,1 ± 0,2	2,5 + 0,2/3,1 ± 0,3	0,35	0,12

Продолжение таблицы 3.5.5

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
МКП-110	1,7 + 0,2/1,3 + 0,2	3,8 − 0,4/2,9 − 0,3	0,6	0,05
У-110-2000-40	1,7 + 0,2/1,3 + 0,2	3,3 − 0,4/3,7 − 0,4	0,3 (ШПВ) 0,7 (ШПЭ)	— 0,6
У-110-2000-50	1,7 + 0,2/2,1 + 0,3	3, 5 − 0,4/3,9 − 0,4	0,3 (ШПВ) 0,7 (ШПЭ)	— 0,05
У-220-1000/2000-25	1,9 + 0,2/1,3 + 0,2	4,6 − 0,4/3,8 − 0,4	0,8	0,05
У-220-2000-40	1,3 + 0,2/2,0 + 0,3	4,3 − 0,4/3,6 − 0,4	0,75	0,045
ВМТ-110,	2,7÷3,3/2,3÷2,9	—	0,13	0,035
ВМТ-220(25 кА)		—		
ВМТ-110,	2,7÷3,3/2,3÷2,9	—	0,13	0,03
ВМТ-220(40 кА)				
ММО-110	6,0 ± 0,2/5,3 ± 0,2	—	0,15	0,05
ВМГ-133 с приводом ПС-10	—	—	0,25	0,1
ВМГ-133 с приводом ППМ-10	—	—	0,2÷0,3	0,1
ВМГ-133 с приводом ПВ-10	2,0/3,0	3,0/3,2	0,16	0,1
ВМП-10 с приводом ПЭ-11	3,2/3,8	5,0/5,0	0,3	0,12

3.6. Плавкие предохранители

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей и электрооборудования от токов, превышающих допустимые по условиям нагрева с учетом перегрузочной способности.

В обозначении предохранителя: буквы П — предохранитель; К — кварцевый; Т — для защиты силовых трансформаторов и линий (токоограничивающий); после цифры 100 (101,102, 103, 104, 105) *первое число* — соответственно номинальное напряжение (для предохранителей климатического исполнения У) или наибольшее рабочее напряжение (для предохранителей климатического исполнения Т), кВ; *второе число* — номинальный ток предохранителя, А; *третье число* — номинальный ток отключения, кА; буквы У — для районов с умеренным климатом; Т — с тропическим климатом; *категория размещения*: 1 — на открытом воздухе; 3 — в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

В системах электроснабжения наиболее распространены кварцевые и газогенерирующие предохранители.

Предохранители ПКТ, ПКИ, ПКЭ, ПКЭН — токоограничивающие, предназначены для защиты трансформаторов, воздушных и кабельных линий (ПКТ101...ПКТ105), трансформаторов напряжения (ПКН001) в электроустановках трехфазного переменного тока на напряжении 3—35 кВ; силовых электрических цепей (ПКЭ106...ПКЭ108) и трансформаторов напряжения (ПКЭН006) в КРУ экскаваторов и передвижных электростанций на напряжение 6, 10 и 35 кВ. Предохранители ПКЭ и ПКЭН используют для защиты оборудования высокого напряжения железнодорожного транспорта. Условное обозначение предохранителя ПКХХХХ-Х-Х-ХХХ расшифровывают следующим образом: ПК — предохранитель кварцевый; Х — назначение (Т — для защиты силовых трансформаторов и линий; Э — для силовых цепей экскаваторных установок; Н — для трансформаторов напряжения; ЭН — для трансформаторов напряжения в экскаваторных установках); Х — однополюсное исполнение без цоколя (0 — отсутствие, 1 — наличие ударного устройства легкого типа); ХХ — конструкция контактов, в которых установлен патрон предохранителя; Х — номинальное напряжение (для предохранителей климатических исполнений У и ХХ) или наибольшее рабочее напряжение (для предохранителей климатического исполнения Т), кВ; Х — номинальный ток в амперах для предохранителей ПКТ и ПКЭ; Х — но-

минальный ток отключения в килоамперах для предохранителей ПКТ и ПКЭ; XX - климатическое исполнение и категория размещения. Пример обозначения предохранителей ПКТ 101-3-2-40У3.

Газогенерирующие предохранители типа ПС с использованием твердых газогенерирующих материалов выполняют с выхлопом газа из патрона и называют стреляющими, так как срабатывание их сопровождается звуком.

Предохранители ПС-10; ПС-35; ПС-110 — стреляющие, предназначены для защиты силовых трансформаторов от токов КЗ и токов перегрузки; их устанавливают в наружных установках.

Таблица 3.6.1. **Основные технические данные предохранителей типа ПКТ**

<table>
<tr><th>Тип</th><th>$U_{ном}$, кВ</th><th>U_{max}, кВ</th><th>$I_{ном}$ предохранителя, А</th><th>$I_{ном. откл.}$, кА</th></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-2-40У3</td><td rowspan="8">6</td><td rowspan="8">7,2</td><td>2</td><td rowspan="7">40</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-3,2-40У3</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-5-40У3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-8-40У3</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-10-40У3</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-16-40У3</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-20-40У3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-31,5-20У3</td><td>31,5</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-2-31,5У3</td><td rowspan="8">10</td><td rowspan="8">12</td><td>2</td><td rowspan="7">31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-3,2-31,5У3</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-5-31,5У3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-8-31,5У3</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-10-31,5У3</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-16-31,5У3</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-20-31,5У3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-31,5-12,5У3</td><td rowspan="2">31,5</td><td>12,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-6-31,5-31,5У3</td><td rowspan="4">6</td><td rowspan="4">7,2</td><td rowspan="3">31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-6-40-31,5У3</td><td>40</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-6-50-31,5У3</td><td>50</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-6-80-20-У3</td><td>80</td><td>20</td></tr>
</table>

Продолжение табл. 3.6.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$ предохранителя, А	$I_{ном.\ откл.}$, кА
ПКТ102-10-31,5-31,5У3	10	12	31,5	31,5
ПКТ102-10-40-31,5У3			40	
ПКТ102-10-40-12,5У3			50	12,5
ПКТ103-6-80-31,5У3	6	7,2	80	31,5
ПКТ103-6-100-31,5У3			100	
ПКТ103-6-160-20У3			160	
ПКТ103-10-50-31,5У3	10	12	50	31,5
ПКТ103-10-80-20У3			80	20
ПКТ103-10-100-12,5У3			100	12,5
ПКТ 104-6-160-31,5У3	6	7,2	160	31,5
ПКТ 104-6-200-31,5У3			200	
ПКТ104-6-315-20У3			315	20
ПКТ104-10-100-31,5У3	10	12	100	31,5
ПКТ104-10-160-20У3			160	20
ПКТ104-10-200-12,5У3			200	12,5
ПКТ101-6-2-20У3	6	7,2	2	20
ПКТ101-6-3,2-20У3			3,2	
ПКТ101-6-5-20У3			5	
ПКТ101-6-8-20У3			8	
ПКТ101-6-10-20У3			10	
ПКТ101-6-16-20У3			16	
ПКТ101-6-20-20У3			20	
ПКТ101-10-2-12,5У3	10	12	2	
ПКТ101-10-3,2-12,5У3			3,2	
ПКТ101-10-5-12,5У3			5	
ПКТ101-10-8-12,5У3			8	
ПКТ101-10-10-12,5У3			10	
ПКТ101-10-16-12,5У3			16	
ПКТ101-10-20-12,5У3			20	

Продолжение табл. 3.6.1

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$ предохранителя, А	$I_{ном.\ откл.}$, кА
ПКТ101-6-2-40У1	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40У1			3,2	
ПКТ101-6-5-40У1			5	
ПКТ101-6-8-40У1			8	
ПКТ101-6-10-40У1			10	
ПКТ101-6-16-40У1			16	
ПКТ101-6-20-40У1			20	
ПКТ101-6-31,5-20У1			31,5	
ПКТ101-10-2-20У1	10	12	2	20
ПКТ101-10-3,2-20У1			3,2	
ПКТ101-10-5-20У1			5	
ПКТ101-10-8-20У1			8	
ПКТ101-10-10-20У1			10	
ПКТ101-10-16-20У1			16	
ПКТ101-10-20-20У1			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5У1			31,5	12,5
ПКТ101-7,2-2-40Т3	6	7,2	2	40
ПКТ101-7,2-3,2-40Т3			3,2	
ПКТ101-7,2-5-40Т3			5	
ПКТ101-7,2-8-40Т3			8	
ПКТ101-7,2-10-40Т3			10	
ПКТ101-7,2-16-40Т3			16	
ПКТ101-7,2-20-40Т3			20	
ПКТ101-7,2-31,5-20Т3			31,5	
ПКТ101-12-2-20Т3	10	12	2	20
ПКТ101-12-3,2-20Т3			3,2	
ПКТ101-12-5-20Т3			5	
ПКТ101-12-8-20Т3			8	
ПКТ101-12-10-20Т3			10	
ПКТ101-12-16-20Т3			16	

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$ предохранителя, А	$I_{ном.\ откл.}$, кА
ПКТ101-12-20-20Т3	10	12	20	20
ПКТ102-7,2-31,5-31,5Т3	6	7,2	31,5	
ПКТ102-7,2-40-31,5Т3			40	31,5
ПКТ102-7,2-50-31,5Т3			50	
ПКТ 102-12-31,5-20Т3	10	12	31,5	20
ПКТ102-12-40-20Т3			40	
ПКТ105-7,2-80-31,5Т3			80	31,5
ПКТ105-7,2-100-31,5Т3	6	7,2	100	
ПКТ105-12-50-20Т3			50	20
ПКТ105-12-80-20Т3	10	12	80	

Таблица 3.6.2. **Силовые предохранители токоограничивающие типа ПКТ с кварцевым наполнением**

Тип	Масса, кг	Тип	Масса, кг
Для внутренней установки (УЗ)		ПКТ102-10-(50—12,5)—12,5	6,3
		ПКТ102-20-(16—20)-12,5	12,7
ПКТ101-3-(2—31,5)-40	3,4	ПКТ102-35-(10—20)-8	19
ПКТ101-6-(2—20)-40	3,9	ПКТ103-3-(160—200)-40	6,2
ПКТ101-6-31-5-20	3,9	ПКТ103-6-(80—100)-31,5	6,2
ПКТ101-10-(2—20)-31,5	4,9	ПКТ103-6-(160—200)	7,3
ПКТ101-10-31-5-12,5	4,9	ПКТ103-10-(50—31,5)	9,2
ПКТ101-20- (2—10) -12,5	11,1	ПКТ103-10-(80—20)	9,2
ПКТ101-35-(2—8)-8	17,4	ПКТ103-10-(100—12,5)	9,2
ПКТ101-35-10-3,2	17,4	ПКТ103-20-(31,5—50)-12,5	16
ПКТ102-3-(40—100)-40	4,5	ПКТ103-35-(31,5—40)-8	22,9
ПКТ102-6-(31— 50)-31.5	5	ПКТ104-3-(315—400)-40	10,2
ПКТ102-6-(80—20)-20	5	ПКТ104-6-(160—200)-31,5	12,4
ПКТ102-10-(31,5—40)-31,5	6,3	ПКТ104-6-315-20	12,4
ПКТ104-10-100-31,5	15,5	ПКТ101-20-(2—10)-12,5	21,2
ПКТ104-10-160-20	15,5	ПКН001-10	7,5
ПКТ104-10-200-12.5	15,5	ПКН001-20	21
ПКН001-10	4,2	ПКН001-35	40,5

Тип	Масса, кг	Тип	Масса, кг
ПКН001-20	10,8	**Для наружной установки (У2)**	
ПКН001-35	17,4	ПКЭ 106-6-(5—20)-20	4,3
Для наружной установки (У1)		ПКЭ106-6-31,5-20	4,3
ПКТ101-6-(2—20)-40	7,7	ПКЭ106-10-(5—20)-12,5	5,8
ПКТ101-6-31,5-20	7,7	ПКЭ107-6-(31,5—50)-31,5	5,6
ПКТ101-10-(2—20)-20	8,1	ПКЭ107-10-(31,5—40)-12,5	7,3
ПКТ101-10-31,5-12,5	8,1	ПКЭ108-6-(80—100)-31,5	8,6
		ПКЭ108-10-(50—80)-12,5	11

Примечание. В типоразмере: ПКТ — для защиты тр-ров, ВЛ и КЛ; ПКН — для защиты ТН; ПКЭ — для защиты силовых эл. цепей и ТН в КРУ экскаваторов и передвижных ЭС. Первое число — $U_{ном}$, кВ; второе $I_{ном}$ патрона выключателя, А; в скобках — пределы $I_{ном}$; третье — $I_{откл}$, кА.

Стреляющие предохранители типа ПС

Тип	ПС-10У1	ПС-35МУ1	ПСН-110
$I_{ном}$ плавкой вставки, А	8; 10; 16; 20; 32; 40; 50; 80; 100	8; 10; 16; 20; 32; 40; 50; 80; 100	8; 10; 16; 20; 32; 40; 50
$I_{откл}$, кА	5	3,2	4
Масса, кг	23	65	250

Примечание. В обозначения типа: П — предохранитель, С — стреляющий, Н и У1 — для наружной установки; число — $U_{ном}$, кВ.

Таблица 3.6.3. **Рекомендуемые значения номинальных токов плавких предохранителей для защиты силовых тр-ров 6/0,4 и 10/0,4**

$S_{т.ном}$ защищаемого тр-ра, кВ · А	$I_{ном}$, А					
	тр-ра на стороне			предохранителя на стороне		
	0,4 кВ	6 кВ	10 кВ	0,4 кВ	6 кВ	10 кВ
25	36	2,4	1,44	40	8	5
40	58	3,83	2,3	60	10	8
63	91	6,05	3,64	100	16	10
100	145	9,6	5,8	150	20	16
160	231	15,4	9,25	250	31,5	20
250	360	24	14,4	400	50	40 (31,5)
400	580	38,3	23,1	600	80	50
630	910	60,5	36,4	1000	160	80

Таблица 3.6.4. **Технические данные предохранителей типа ПКН и ПКЭ**

Типоисполнение	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
ПКН001-12Т3	10	12	—	—
ПКН001-24Т	20	24	—	—
ПКЭ106-6-40У2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-6-20У2	6	7,2	31,5	20
ПКЭ106-10-12,5У2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-31,5У2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ107-10-12,5У2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-31,5У2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ108-10-12,5У2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-6-20ХЛ2	6	7,2	3,2; 5; 8; 10;16; 20; 31,5	20
ПКЭ106-10-12,5ХЛ2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-20ХЛ2	6	7,2	40; 50	20
ПКЭ107-10-12,5ХЛ2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-20ХЛ2	6	7,2	80; 100	20
ПКЭ108-10-31,5ХЛ2	6	7,2	100	31,5
ПКЭ108-10-12,5ХЛ2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-7,2-40Т2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-7,2-31,5-20Т2	6	7,2	31,2	20
ПКЭ106-12-12,5Т2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-7,2-31,5Т2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ107-12-12,5Т2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-7,2-31,5Т2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ108-12-12,5Т2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭН006-10У2	10	12	—	—
ПКЭН006-10ХЛ2	10	12	—	—
ПКЭН006-12Т2	10	12	—	—
ПКЭН006-35ХЛ2	35	40,5	—	—

Примечание. Для сокращения объема таблицы в типоисполнении предохранителя не указывается номинальный ток предохранителя, который должен идти в обозначении после напряжения.

Таблица 3.6.5. **Технические характеристики предохранителей типа ПР-2**

Тип	$I_{ном}$ плавкой вставки, А	$I_{пред}$ отключения, кА		Габариты, мм
		380 В	500 В	
ПР-2-15	6; 10; 15	8	7	171 × 24,5 × 33
ПР-2-60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4,5	3,5	173 × 30,5 × 43
ПР-2-100	60; 80; 100	—	—	247 × 43 × 56
ПР-2-200	100; 125; 160; 200	11	10	296 × 56 × 76,5
ПР-2-350	200; 225; 260; 300; 350	13	11	346 × 72 × 100
ПР-2-600	350; 430; 500; 600	23	20	442 × 142 × 154
ПР-2-1000	600; 700; 850; 1000	20	20	580 × 155 × 154

Примечания: 1. Буквы в обозначении типа: П — предохранитель, Р — разборный.

2. Число после обозначения серии — $I_{ном}$, А.

3. Применяются для защиты установок перем. тока до 500 В и пост. тока до 440 В от перегрузок и токов КЗ.

Таблица 3.6.6. **Технические характеристики предохранителей типов ПД и ПДС***

Тип	$I_{ном}$, А		$I_{пред}$, кА
	предохранителя	плавкой вставки	
ПД-1; ПДС-1	6	1; 2; 4; 6	1
ПД-2; ПДС-2	20	10; 15; 20	2
ПД-3; ПДС-3	60	25; 35; 60	5
ПД-4; ПДС-4	125	80; 100; 125	7,5
ПД-5; ПДС-5	225	160; 200; 225	10
ПД-6; ПДС-6	350	260; 300; 350	12,5
ПД-7	630	430; 500; 630	15

* Применяют в установках пост. тока до 220 В и перем. тока до 380 В.

Таблица 3.6.7. **Технические характеристики предохранителей типов НПН, ПН, ПП, ПР на напряжение 380 В**

Тип	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток*, кА
	патрона предохранителя	плавкой вставки	
НПН2-60	60	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63	10
ПН2-100	100	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	100
ПН2-250	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	100

Тип	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток*, кА
	патрона предохранителя	плавкой вставки	
ПН2-400	400	200; 250; 315; 355; 400	40
ПН2-600	630	315; 400; 500; 630	25
ПП17	1000	500; 630; 800; 1000	120
ПР-2	15	6;10;15	0,8/8
	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	1,8/4,5
	100	60; 80; 100	6/11
	200	100; 125; 160; 200	6/11
	350	200; 235; 260; 300; 350	6/11
	600	350; 430; 500; 600	13/23
	1000	600; 700; 850; 1000	15/20

*Действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ. Для ПР-2 данные в числителе относятся к исполнению 1 (короткие предохранители), в знаменателе — к исполнению 2 (длинные предохранители).

Таблица 3.6.8. **Характеристики плавких вставок к предохранителям типов ПН, НПР, НПН, ПРС на напряжение до 1 кВ**

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки
ПН2	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
	250	100, 120, 150, 200, 225, 250
	400	200, 250, 300, 350, 400
	600	300, 400, 500, 600
НПР	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
НПН-2	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
ПРС	6	2, 4, 6
	20	10, 16, 20
	63	25, 40, 63

Таблица 3.6.9. **Номинальные токи последовательно включенных плавких вставок предохранителей ПН2, обеспечивающих особо надежную избирательность**

$I_{в.м}$, А	$I_{в.б}$, А, при $I_к : I_{в.б}$				
	10	20	50	100	150 и более
30	50	60	120	150	200
40	60	80	120	200	200
50	80	100	120	250	250
60	100	120	150	250	250
80	120	120	200	250	250
100	120	120—150	250	250	250
120	150	200	300	300	300
150	200	250	300	300	300
200	250	300	400	400	400
250	300	400	600	Более 600	Более 600
300	400	500	Более 600	Более 600	Более 600
400	600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600

Обозначения: $I_{в.б}$ — номинальный ток, А, большей вставки (защищающей магистраль); $I_{в.м}$. — то же, меньшей вставки, А (защищающей ответвление); $I_к$ — ток КЗ в ответвлении, А.

Таблица 3.6.10. **Номинальные токи последовательно включенных плавких вставок предохранителей ПН2, обеспечивающих надежную избирательность**

$I_{в.м}$, А	$I_{в.б}$, А, при $I_к : I_{в.б}$			
	10	20	50	100 и более
30	40	50	80	120
40	50	60	100	120
50	60	80	120	120
60	80	100	120	120
80	100	120	120	150
100	120	120	150	150
120	150	150	250	250
150	200	200	250	250
200	250	250	300	300
250	300	300	400	Более 600
300	400	400	Более 600	Более 600
400	500	Более 600	Более 600	Более 600

Примечание. Обозначения см. в табл. 3.6.9.

Таблица 3.6.11. **Основные технические данные предохранителей типов ПР, ППТ, ПП, ПРС**

Серия или тип	Номинальный ток, А		Предельное значение отключаемого тока, кА, при напряжении, В					
	предохранителя	плавкой вставки	переменного тока			постоянного тока		
			220	380	500(550)	200	440	660
ПР-2	15	6, 10, 15	1, 2	0,8—8	7	1,2	—	—
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	5,5	1,8—4,5	3,5	5,5	—	—
ППТ-10	До 10	6, 10	1	—	—	1	—	—
ПП21	16	1, 2, 5, 6, 10, 16	1, 2	0,8—8	7	—	—	—
	63	25, 40, 63	5,5	1,8—4,5	3,5	—	—	—
	100, 160, 250	100, 160, 250	14	6—11	10	—	—	—
	400	400	11	6—13	11	—	—	—
ПРС	6	1, 2, 4, 6	—	2	—	—	2	—
	25	4, 6, 10, 16, 20, 25	—	60	—	—	30	—
	63	20, 25, 40, 63	—	60	—	—	30	—
	100	40, 60, 80, 100	—	60	—	—	30	—
ПП22	63	25, 40, 63	30*	30	—	—	—	—
ПП	63	25, 40, 50, 63	—	3,2—30	—	—	—	—
	160	100, 160		3,2—15	—	—	—	—
	630	250, 400, 630	—	42, 50, 60	—	—	—	—

Окончание таблицы 3.6.11

Серия или тип	Номинальный ток, А		Предельное значение отключаемого тока, кА, при напряжении, В					
	предохранителя	плавкой вставки	переменного тока			постоянного тока		
			220	380	500(550)	200	440	660
ПП31	63 160 250 630 1000	32, 40, 50, 63 50, 63, 80, 100 125, 160, 200, 250 200, 250, 320, 400, 500, 630 500, 630, 800, 1000	—	—	100	—	100	—
ПП41	250 400 630	100, 160, 250 320, 400 400, 630	—	—	—	—	25	25
ПП51	160 250 320 400	160 250 320 400	—	100	—	—	—	—
ПП61	40 63 100 160	40 63 100 160	—	100	—	—	—	—
ПП 173900	1000	500, 630, 800, 1000	—	110	64	100	60	—

Таблица 3.6.12. **Технические данные предохранителей типов ПНП, ПН, ПП, ПР**

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток, кА (при напряжении 380 В)
		предохранителя	плавкой вставки	
ПНП-60	~500	60	6, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60	10
ПН2-100 ПН2-250 ПН2-400 ПН2-600	~380; −220	100 250 400 600	30, 40, 50, 60, 80, 100 80, 100, 120, 150, 200, 250 200, 250, 300, 400 300, 400, 500, 600	100 100 40 25
ПП17-39	~380; −440	1000	500, 630, 800, 1000	110
ПП18-33 ПП 18-34 ПП18-37 ПП18-39 ПП18-41	~660; −440	160 250 400 630 1000	50, 63, 80, 100, 125, 160 125 160, 200, 250 250, 320, 400 400, 500, 630 630, 800, 1000	— — — — —
ПР2	≃220	15 60	6, 10, 15 15, 20, 25, 35, 45, 60	8 4,5

3.7. Закрытые (ЗРУ), открытые (ОРУ) и комплектные (КРУ) распредустройства

Таблица 3.7.1. **Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ (рис. 3.7.1)**

Наименование расстояний	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для напряжения, кВ							
		3	6	10	20	35	110	150	220
От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	$А_{ф\text{-}з}$	65	90	120	180	290	700	1100	1700
Между проводниками разных фаз	$А_{ф\text{-}ф}$	70	100	130	200	320	800	1200	1800
От токоведущих частей до сплошных ограждений	*Б*	95	120	150	210	320	730	1130	1730

Наименование расстояний	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для напряжения, кВ							
		3	6	10	20	35	110	150	220
От токоведущих частей до сетчатых ограждений	*В*	165	190	220	280	390	800	1200	1800
Между неогражденными токоведущими частями разных цепей	*Г*	2000	2000	2000	2200	2200	2900	3300	3800
От неогражденных токоведущих частей до пола	*Д*	2500	2500	2500	2700	2700	3400	3700	4200
От неогражденных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не на территорию ОРУ и при отсутствии проезда под выводами	*Е*	4500	4500	4500	4750	4750	5500	6000	6500
От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	*Ж*	80	110	150	220	350	900	1300	2000

Требования к ЗРУ (ПУЭ)

ЗРУ напряжением до и выше 1 кВ, как правило, должны размещаться в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП с высшим напряжением до 35 кВ.

Допускается размещение ЗРУ напряжением до 1 кВ и выше в общем помещении при условии, что части РУ или подстанции напряжением до 1 кВ и выше будут эксплуатироваться одной организацией.

Помещения РУ, трансформаторов, преобразователей и т. п. должны быть отделены от служебных и других вспомогательных помещений.

Трансформаторные помещения и ЗРУ не допускается размещать:

1) под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ванными и т. п. Исключе-

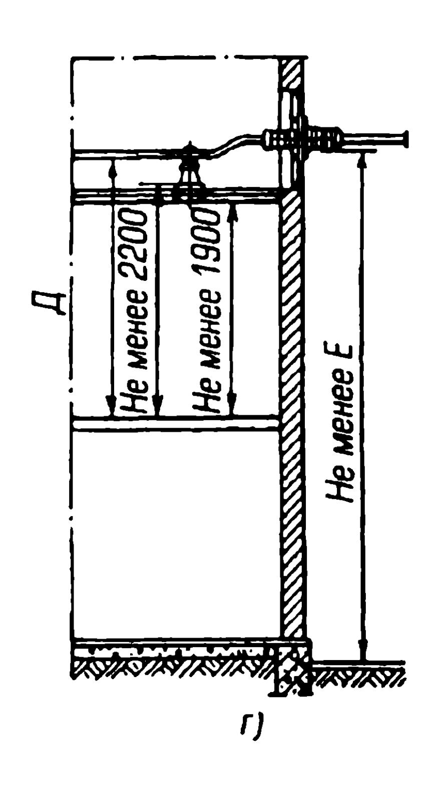


Рис. 3.7.1. Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ

ния допускаются в случаях, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения РУ и подстанций;

2) непосредственно под и над помещениями, в которых может находиться более 50 чел. в период более 1 ч над и под площадью перекрытия трансформаторного помещения и ЗРУ.

Требование п. 2. не распространяется на трансформаторные помещения, в которых установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнением.

Более подробные требования к ЗРУ изложены в ПУЭ.

Таблица 3.7.2. **Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (рис. 3.7.2)**

Расстояние	Обозначение	Изоляционные расстояния, мм, для номинального напряжения, кВ							
		до 10	20	35	110	150	220	330	500
От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м	$A_{ф\text{-}з}$	200	300	400	900	1300	1800	2500	3750
Между проводниками разных фаз	$A_{ф\text{-}ф}$	220	330	440	1000	1400	2000	2800	4200
От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой до 1,6 м и до габаритов транспортируемого оборудования	*Б*	950	1050	1150	1650	2050	2550	3250	4500
Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и неотключенной верхней	*В*	950	1050	1150	1650	2050	3000	4000	5000

Расстояние	Обозначение	Изоляционные расстояния, мм, для номинального напряжения, кВ							
		до 10	20	35	110	150	220	330	500
От неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	*Г*	2900	3000	3100	3600	4000	4500	5000	6450
Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и неотключенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями	*Д*	2200	2300	2400	2900	3300	3800	4500	5750
От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	*Ж*	240	365	485	1100	1550	2200	3100	4600

Примечания: 1. Для элементов изоляции, находящихся под распределенным потенциалом, изоляционные расстояния следует принимать с учетом фактических значений потенциалов в разных точках поверхности. При отсутствии данных о распределении потенциала следует условно принимать прямолинейный закон падения потенциала вдоль изоляции от полного номинального напряжения (со стороны токоведущих частей) до нуля (со стороны заземленных частей).

2. Расстояние от токоведущих частей или от элементов изоляции (со стороны токоведущих частей), находящихся под напряжением, до габаритов трансформаторов, транспортируемых по железнодорожным путям, уложенным на бетонном основании сооружений гидроэлектростанций, допускается принять менее размера *Б*, но не менее размера $А_{ф\text{-}з}$.

3. Расстояния $А_{ф\text{-}з}$ и $А_{ф\text{-}ф}$ в электроустановках напряжением 220 кВ и выше, расположенных на высоте более 1000 м над уровнем моря, должны быть увеличены в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.1—76.

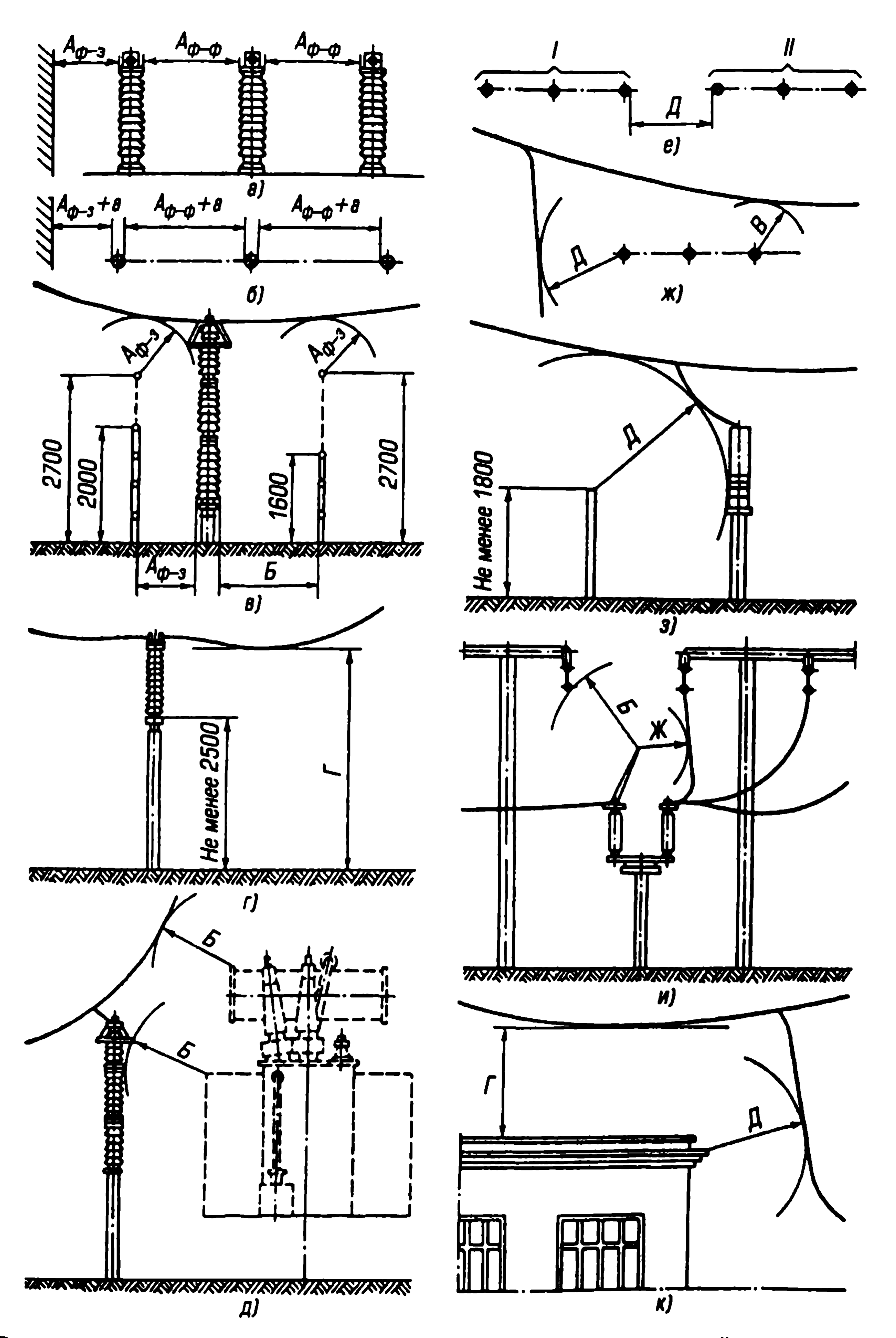


Рис. 3.7.2. Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ОРУ

Таблица 3.7.3. **Технические характеристики КРУ 6—10 кВ внутренней установки с маломасляными или вакуумными выключателями**

Параметр	Тип КРУ						
	К-26	К-27	К-104М	К-105	КМ-1; КМ-1Ф	РУ-10-5000	КВ-3
Номинальное напряжение, кВ	6; 10	10	6; 10	6; 10	6; 10	10	10
Номинальный ток, А:							
сборных шин	2000; 3150	2000; 3150	2000; 3150	2000; 3150	1000; 2000; 3150	5000	1000; 1600; 2000; 3150
шкафов	630; 1000; 1600	2000; 3150	630; 800; 1000; 1600	2000; 3150	630; 1000; 1600; 2000; 3150	1500; 4000; 5000	630; 1000; 1600;2000; 3150
Количество и сечение силовых кабелей в шкафах отходящих линий, $мм^2$	4 (3 × 240)	12 (3 × 240)	4 (3 × 240)	12 (3 × 240)	4 (3 × 240)	—	4 (3 × 240)
Номинальный ток отключения, кА	31,5	31,5	8; 12,5; 20; 31,5	31,5	20; 31,5	58(в цикле АПВ); 63 (без цикла АПВ)	31,5
Электродинамическая стойкость, кА	81	81	20,4; 51; 81	81	51; 81	170	81
Термическая стойкость, кА; с	31,5; 3	31,5; 3	До 31,5; 3	31,5; 3	20; 3 31,5; 3	63; 3	31,5; 3

Окончание таблицы 3.7.3

Параметр	Тип КРУ						
	К-26	К-27	К-104М	К-105	КМ-1; КМ-1Ф	РУ-10-5000	КВ-3
Тип выключателя	ВМПЭ-10	ВМПЭ-10	ВК-10; ВКЭ-10; ВВТЭ-М-10; ВБПС-10; ВБПБ-10; ВВЭ-М-10; ВБЧЭ-СЭ (П)-10; ВВ/TEL-10; VF-10	ВВЭ-М-10	ВК-10; ВКЭ-10; ВВЭ-10; ВМПЭ-10	МГГ-10-5000-63К	ВВЭ-10; ВВ-10
Тип привода к выключателю	Встроенный электромагнитный	Встроенный электромагнитный	Встроенный пружинный и электромагнитный	Встроенный электромагнитный	Встроенный пружинный и электромагнитный	ПЭ-21	Встроенный электромагнитный и пружинный
Обслуживание шкафов	Одностороннее	Одностороннее	Двустороннее	Двустороннее	Двустороннее	Двустороннее	Двустороннее
Габариты шкафа, мм:							
ширина	900	1350	750	1125	750;1125	1500	750
глубина	1000	1000	1150	1450	1200; 1300	2600	1200; 1300
высота	2400	2817	2200; 2432		2100; 2340	2960	2150; 2310
Масса шкафа отходящей линии, кг	900—1250	1800	680—880	930—1330	572—1560	4900	655—1080

Таблица 3.7.4. **Назначение КРУ 6—10 кВ внутренней установки**

Тип КРУ	Назначение
К-26	Общепромышленное
К-27	Для вводов и секционирования КРУ со шкафами К-26
К-104М	Общепромышленное
К-105	Для вводов и секционирования КРУ со шкафами К-104М
КМ-1; КМ-1Ф	Общепромышленное
РУ-10-5000	Для генераторных РУ теплоэлектроцентралей и РУ мощных подстанций (ввод и секционирование сборных шин, присоединение крупных потребителей, а также линий к групповым реакторам)
КЭ-6; КЭЭ-6	Для РУ собственных нужд тепловых электростанций
КЭ-6С; КЭЭ-6С	Для РУ собственных нужд атомных электростанций (сейсмостойкое исполнение)
КЭ-10	Для присоединения крупных потребителей с резкопеременным графиком нагрузки

Таблица 3.7.5. **Технические характеристики КРУ 6—10 кВ внутренней установки с электромагнитными выключателями**

Параметр	Тип КРУ		
	КЭ-6; КЭ-6С	КЭЭ-6; КЭЭ-6С	КЭ-10
Номинальное напряжение, кВ	6	6	10
Номинальный ток, А:			
сборных шин	1600; 2000; 3150	2000; 3150	1600; 2000; 3150
шкафов	1600; 2000; 3150	630; 1000; 1600; 2000; 3150	630; 1000; 1600; 2000; 3150
Количество и сечение силовых кабелей в шкафах отходящих линий, $мм^2$	4 (3 × 240)	4 (3 × 240)	4 (3 × 240)
Номинальный ток отключения, кА	40	40	20; 31,5
Электродинамическая стойкость, кА	128	128	51; 81
Термическая стойкость, кА; с	40; 3	40; 3	20; 3; 31,5; 3
Тип выключателя	ВЭ-6; ВЭС-6	ВЭЭ-6; ВЭЭС-6	ВЭ-10
Тип привода к выключателю	Встроенный пружинный	Встроенный электромагнитный	Встроенный пружинный

Параметр	Тип КРУ		
	КЭ-6; КЭ-6С	КЭЭ-6; КЭЭ-6С	КЭ-10
Обслуживание шкафов	Одностороннее	Одностороннее	Одностороннее
Габариты шкафа, мм:			
ширина	750; 1125	750	750; 1125
глубина	1850	1850	1850
высота	2485; 2645	2485; 2645	2400; 2585
Масса шкафа отходящей линии, кг	1600—2080	1472—2123	1118—2054

Таблица 3.7.6. **Технические характеристики КРУ 6—10 кВ наружной установки**

Параметр	Тип КРУ		
	К-59У1	К-59ХЛ1	КРУН-6(10) Л
Номинальное напряжение, кВ	6; 10		6;10
Номинальный ток, А:			
сборных шин	1000; 1600; 2000; 3150		630; 1000; 1600; 2000
шкафов	630; 1000; 1600		630; 1000; 1600
Количество и сечение силовых кабелей в шкафах отходящих линий, $мм^2$	4 (3 × 240)		3 (3 × 240)
Номинальный ток отключения, кА	20; 31,5		20
Электродинамическая стойкость, кА	51; 81		52
Термическая стойкость, кА; с	20; 3; 31,5; 3		20; 3
Тип выключателя	ВК-10; ВКЭ-10; ВВЭ-М-10; ВБКЭ-10; ВВ/TEL-10		ВМПП-Ю; ВМПЭ-10
Тип привода к выключателю	Встроенный пружинный и электромагнитный		Встроенный пружинный и электромагнитный
Исполнение по способу обслуживания	Однорядное с коридором обслуживания		Однорядное без коридора обслуживания
Габариты шкафа, мм:			
ширина	750		1000
глубина	1300		1800
высота	2385		2490

Параметр	Тип КРУ		
	К-59У1	К-59ХЛ1	КРУН-6(10) Л
Габариты КРУН, мм:			
длина	$(750n + 60)N$, где n — число ячеек в секции; N — число секций		—
ширина	2725	2780	—
высота	3100	3200	—
Масса шкафа отходящей линии, кг	930	1080	870—1140

Таблица 3.7.7. **Технические характеристики КРУЭ**

Параметр	Тип КРУЭ		
	ЯЭ-132	ЯЭУ-220	ЯЭУ-500
Номинальное напряженно, кВ	110—132	220	500
Номинальный ток, А:			
сборных шин	2000	3150	4000
других элементов	2000	2000	3150
Номинальный ток отключения, кА	40	40—50	40—63
Электродинамическая стойкость, кА	128	128	160
Термическая стойкость, кА; с	50; 3	50; 3	63; 2
Полное время отключения (до погасания дуги), с	0,055	0,055	0,055
Число разрывов на полюс выключателя	1	1-2*	2-4*
Привод выключателя:	Пневматический		
Давление заполнения** элегаза при 20 °С, МПа:			
для выключателя	0,65	0,6	0,6
для трансформатора напряжения	0,45	0,44	0,44
для других элементов	0,3	0,38	0,38
Исполнение сборных шин	Однофазное, трехфазное	Однофазное	
Масса трехполюсной ячейки с выключателем, т	10,6	14,8—15,1	30
Габариты трехполюсной ячейки отходящей линии, м:			
ширина (шаг)	3,0	4,09	4,2
высота	3,36	4,3	7,1
глубина	4,08	8,08—9,7	10,3

*Минимальное количество разрывов соответствует номинальному току отключения 40 кА, максимальное — 50 кА (ЯЭУ-220) или 63 кА (ЯЭУ-500).

**Номинальное давление на 0,05—0,1 МПа ниже давления заполнения является нижним пределом.

На рис. 3.7.3 дана схема заполнения КРУ типа К-104М.

Шинный мост

Схема главных цепей								
№ схемы	110	115	306-1	110	647	305-1	113	110
Наименование присоединения	Трансформатор 6/0,4 кВ	Ввод	Трансформатор напряжения	Секционирование сборных шин		Трансформатор напряжения	Ввод	Трансформатор 6/0,4 кВ

а)

Шинный мост

Схема главных цепей								
№ схемы	110	106	306	110	647	305	104	110
Наименование присоединения	Трансформатор 6/0,4 кВ	Ввод	Трансформатор напряжения	Секционирование сборных шин		Трансформатор напряжения	Ввод	Трансформатор 6/0,4 кВ

б)

Рис. 3.7.3. Схема заполнения КРУ типа К-104М применительно к понижающей двухтрансформаторной подстанции при двухрядном расположении шкафов:

а — с воздушным вводом; *б* — с кабельным вводом

Таблица 3.7.8. **Минимальное допустимое расстояние от отдельно стоящих РУ, ТП и ПП до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние от РУ, ТП и ПП, м	
	закрытых	открытых
С тяжелыми или сжиженными горючими газами		
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из системы вытяжной вентиляции	10	15
Помещения с выходящей и сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	40	60
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости	60	80
Резервуары (газгольдеры), сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом	80	100
С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами		
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	Не нормируется	0,8 (до открыто установленных трансформаторов)
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	6	15
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	12	25
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	15	25
Сливно-наливные эстакады с открытым сливом или наливом ЛВЖ	30	60
Резервуары с ЛВЖ	30	60
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	40	60

Примечания: 1. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений, в которых взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных взрывоопасных установок до стен закрытых и до ограждений открытых РУ, ТП и ПП. Расстояния до подземных резервуаров, а также до стен ближайших помещений, к которым примыкает взрывоопасная зона, занимающая неполный объем помещения, могут быть уменьшены на 50 %.

2. Для рационального использования и экономии земель отдельно стоящие РУ, ТП и ПП (для помещений с взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок с легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами) допускается применять в порядке исключения, когда по требованиям технологии не представляется возможным применять РУ, ТП и ПП, примыкающие к взрывоопасной зоне.

3. Установки со сжиженным аммиаком следует относить к установкам с легкими горючими газами и ЛВЖ.

3.8. Релейная защита

Краткие сведения об электромеханических реле

Реле тока РТ-40

I_{max} уставки, А 0,2; 0,6; 2; 6; 10; 20; 50; 100; 200
Время срабатывания, с:
при $I_{вх}/I_{уст}$ = 1,2 0,1
при $I_{вх}/I_{уст}$ = 3. 0,03
Габариты, мм . . . . 88 × 158 × 138
Масса, кг 0,85

Реле максимального тока РТ-80 и РТ-90

$I_{ном}$, А . . . . 5 и 10
Уставки на ток срабатывания, А . . . . 2—5 и 4—10
Уставки на время срабатывания, с . . . . 0,5—4 и 2—16
Габариты (РТ-81, РТ-82 и РТ-91), мм . . . . 213 × 160 × 148
Масса, кг 3,8

Реле тока РТ-40/Ф (фильтровое)

$I_{ном}$, А 6,3
Уставки тока срабатывания, А . . . . . . 1,75—3,5; 2,9—5,8; 4,4—8,8; 8,8—17,6
Время срабатывания, с . . . . 1,2$I_{уст}$—0,15; 3$I_{уст}$—0,05
Габариты, мм . . . . 206 × 170 × 232
Масса, кг 3,5

Реле тока обратной последовательности РТФ-8

$U_{ном}$, В . . . . 110 или 220
$I_{ном}$, А . . . . 1 или 5
$I_{уст}$ . . . . (0,3÷1,2) $I_{ном}$
Габариты, мм . . . . 157 × 183 × 152
Масса, кг 2

Реле тока обратной последовательности РТФ-1М

$I_{ном}$, А . . . . 1 или 5
Чувствительность исполнительного органа, А . . . . (0,3—1,2) $I_{ном}$
Время срабатывания при 2$I_{сраб}$ . . . . 0,04 с
Габариты, мм . . . . 206 × 170 × 232
Масса, кг 5,8

Вспомогательное реле РТФ-6М (фильтровое)

Диапазон регулирования уставок:
по тепловой постоянной А, с . . . . 5—45
по току обратной последовательности, с . . . . 0,08—0,36
Габариты, мм . . . . 320 × 290 × 645
Масса, кг . . . . ≤35

Реле тока нулевой последовательности РТЗ-51

Уставки на $I_{сраб}$, А . . . . 0,02—0,12
Время срабатывания при $2I_{сраб}$, с 0,06
Габариты. . . . . 81 × 181 × 152
Масса, кг . . . . ≤1,3

Реле напряжения РН-50

$U_{ном}$ для диапазона уставок, В:
1 . . . . 30—200
2 . . . . 60—400
$U_{сраб}$ для диапазона уставок, В:
1 . . . . 15—160
2 . . . . 30—320
Время срабатывания при снижении напряжения до $0{,}8U_{сраб}$, с . . 0,15
Габариты. . . . . 88 × 158 × 130
Масса, кг . . . . ≤0,35

Реле напряжения прямой последовательности РНФ-2 (фильтровое)

Уставки на $U_{сраб}$, В, при $U_{ном}$ . . . .
110 В . . . . 40—80
220 В . . . . 80—160
Время срабатывания, с 0,1
Габариты, мм . . . . 135 × 168 × 157
Масса, кг . . . . ≤2

Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М

$U_{ном}$, В 100
Чувствительность исполнительного органа, В (0,06÷0,12)$I_{ном}$
Время срабатывания при кратности напряжения, равной двум, по отношению к напряжению срабатывания, с . . 0,04
Габариты, мм . . . . 206 × 170 × 232
Масса, кг 4

Реле напряжения обратной последовательности РСН13

$U_{ном}$ входное/вспомогательное, В. 100/220
Диапазон регулирования уставок напряжения, В . . . . 6—24,6
Время срабатывания при двухкратном $U_{сраб}$, с 0,04
Габариты, мм . . . . 81 × 181 × 152
Масса, кг 1,2
Габариты, мм . . . . 135 × 168 × 157
Масса, кг . . . . 1,6 и 2

Таблица 3.8.1. Реле напряжения нулевой последовательности РНН-57, РН-58

Тип реле	$U_{сраб}$, В, при уставках		Длительно допустимое U, В	Время срабатывания, с, при замыкании замыкающего контакта	
	1	2		$0{,}5U_{сраб}$	$2U_{сраб}$
РНН-57	4—8	—	115	0,1	0,04
РН-58	50—80	100—200	1,2U уставки	0,1	0,03

Реле минимального напряжения быстродействующее РНБ-231

Уставки на $U_{сраб}$, В 75; 60; 45
Время срабатывания, с 0,05
Габариты, мм . . . . 206 × 190 × 232
Масса, кг . . . . ≤5,5

Реле сдвига фаз РСФ11

Уставки по углу срабатывания при $U_{ном}$, град. 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70
Время срабатывания при угле сдвига фаз, равном 1,5 кратного значения уставки, с. 0,07
Габариты, мм . . . . 81 × 181 × 152
Масса, кг 1,2

Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-10

$U_{ном}$, В 100; 110; 200; 220; 300; 380; 400
Время срабатывания, с:
с выдержкой времени. 5
без выдержки времени 0,006
Габариты, мм . . . . 120 × 60 × 25
Масса, кг 6

Реле мощности РБМ-275 для контроля активной и РБМ-276 реактивной мощности

$I_{ном}$, А . . . . 1 и 5
Угол максимальной чувствительности:
для РБМ-275 . . . . 0 ± 5°
для РБМ-276 . . . . 90 ± 2°
Зона работы реле по углу, эл. град, при $I_{ном}$ и $U_{ном}$ . . . . . . ≤170
Габариты, мм . . . . 316 × 275 × 222
Масса, кг . . . . ≤10

Реле мощности обратной последовательности РМОП-2

$I_{сраб}$ обратной последовательности на уставках, А:	
для реле на 5 А	1—4
для реле на 1 А	0,2—0,8
Габариты, мм	374 × 300 × 343
Масса, кг	23

Реле направления мощности РМ-11, РМ-12

Характеристический угол при $U_{ном}$ и $I_{ном}$, град.:	
РМ11	30 ± 5; −45 ± 5
РМ12	70 ± 5
$I_{ном}$, А	1; 5
$U_{ном}$, В	100
$I_{сраб}$, А	$\geqslant 0{,}05 I_{ном}$
$U_{сраб}$, В:	
РМ11	0,25
РМ12	1,2 и 3
Габариты, мм	158 × 183 × 152

Реле дифференциальные РНТ

МДС срабатывания, А	100 ± 5
Время срабатывания при $3I_{сраб}$, с	0,04
Габариты, мм	206 × 190 × 121
Масса, кг	≤4

ДЗТ-11 (для защиты одной фазы тр-ра)

$I_{сраб}$ (в рабочей обмотке), А	2,87—12,5
Время срабатывания при двухкратном первичном $I_{сраб}$, с	0,05
Габариты	206 × 190 × 211
Масса, кг	4

Вспомогательное реле дистанционной защиты ДЗ-10

$U_{ном}$, В	100 и 220
$I_{ном}$, А	5
Пределы регулирования сопротивления срабатывания, Ом/фаза:	
при 100 В	0,25—8
при 220 В	0,55—17,6
Выдержка времени при сопротивлении на зажимах реле, равном 0,9 сопротивления уставки, с	1—6
Габариты, мм	322 × 290 × 345
Масса, кг	Не более 18

Реле частоты (РЧ-1 понижения и РЧ-2 повышения)

$U_{ном}$ контролируемой сети, В 100
$U_{ном}$ оперативного тока, В. . . . . 220 и 110 (пост.) и 100, 127, 220 (перем.)
Уставка на $f_{сраб}$, Гц:
  РЧ-1 . . . . 50—45
  РЧ-2 . . . . 55—50
Время срабатывания, с:
  РЧ-1 . . . . 0,15; 0,3; 0,5
  РЧ-2 0,1
Габариты, мм . . . . 206 × 210 × 232
Масса, кг 5,8
В комплект реле РЧ входит вспомогательное устройство ВУ-3
Габариты, мм . . . . 238 × 133 × 147
Масса, кг 2,8

Вспомогательное реле КРС-2 и КРС-204

$U_{ном}$, В . . . . **перем. ток 100, пост. ток 110 или 220**
$I_{ном}$, А . . . . **1 или 5**
Минимальное значение уставок по сопротивлению срабатывания, регулируемых в цепях тока, Ом на фазу 0,25 (1,25); 0,5 (2,5); 1 (5)
Кратность регулировки уставки по сопротивлению срабатывания 20
Габариты . . . . 320 × 290 × 455
Масса, кг 28

Реле времени РВ-03

$U_{ном}$ перем. тока, В 100; 127; 220; 380
Диапазоны выдержки времени, с . . . . 0,15—3; 0,5—10; 1—20
Габариты . . . . 81 × 181 × 152
Масса, кг . . . . ≤1,2

Реле времени РВ-01

Диапазоны выдержки времени, с . . . . 0,1—1; 0,3—3; 0,1—10; 0,3—30
Габариты, мм . . . . 81 × 181 × 154
Масса, кг . . . . ≤1

Реле времени РВ-100, РВ-200

$U_{ном}$, В 24; 48; 110; 127; 220; 380
Максимальное время срабатывания, с . . . . 1—1,3; 2—3,5; 3—9; 4—20
Габариты мм . . . . 106 × 137 × 157
Масса, кг . . . . ≤1,6

Реле времени ЭВ-100, ЭВ-200 (ЭВ-100 на пост, токе, ЭВ-200 на перем. токе)

Пределы регулирования выдержки времени, с/время срабатывания, с . . . . 0,1—1,3/0,06; 0,25—3,5/0,12; 0,5—9/0,34; 1—20/1
Габариты, мм . . . . 116 × 137 × 157
Масса, кг . . . . $\leqslant$1,6

Реле времени РВМI2 и РВМ13

Пределы уставок выдержки времени, с:
РВМ12 . . . . 0,5—4
РВМ13 . . . . 1—10
$I_{сраб}$, А. 2,5; 5
Габариты, мм . . . . 135 × 168 ×157
Масса, кг 2,5

Реле промежуточные двухпозиционные РП8, РП9, РП11, РП12

$U_{ном}$, В, пост, тока (РП8, РП11) 24; 48; 110; 220
$U_{ном}$, В, перем. тока (РП9, РП12). 100; 110; 127; 220
$U_{сраб}$, % $U_{ном}$:
РП8, РП11 . . . . 80; 81; 83; 85
РП9, РП12 . . . . 85; 86; 87; 88
Время срабатывания при $U_{ном}$, с 0,06
Габариты, мм . . . . 116 × 153 × 157
Масса, кг . . . . 2 и 1,5

Реле промежуточные РП16, РП17, РП18

$U_{ном}$, В . . . . До 242 пост. и перем. тока
РП16 — реле незамедленные о временем включения не более 50 мс
РП17 — то же с временем включения не более 1 мс
РП18 — замедленные при включении или отключении
Габариты, мм . . . . 100 × 151 × 152
Масса, кг 0,8

Реле промежуточные РП232, РП233 (РП232 для удерживания от напряжения, РП233 для удерживания от тока)

$U_{ном}$ В 24; 48; 110; 220
$I_{ном}$, А 1; 2; 4; 8
Время срабатывания при $U_{ном}$ ($I_{ном}$) не более, с:
РП-232 0,06
РП-233 0,03
Габариты, мм . . . . 88 × 118 × 138
Масса, кг 0,825

Реле промежуточное РП-250

Параметры срабатывания . . . . 70 % $U_{ном}$; 70 % $I_{ном}$
Время срабатывания, с . . . . 0,05; 0,07—0,11
Габариты, мм . . . . 88 × 170 × 138
Масса, кг 1,6

Реле промежуточные РП-321, РП-341 и РП-42

$I_{сраб}$ в зависимости от способа соединения первичной обмотки насыщающегося тр-ра, А:
при последовательном 2,5
при параллельном 5
Время срабатывания при $2I_{сраб}$, с 0,04
Габариты, мм . . . . 116 × 151 × 157
Масса, кг . . . . ≤1,6

Реле повторного включения РПВ-0,1

$U_{ном}$, В . . . . 110 или 220
$I_{ном}$ удерживающей катушки, А 0,25; 0,5; 1; 2; 5
Диапазон выдержки времени на включение, с . . . . 0,5—10
Габариты, мм . . . . 157 × 183 × 152
Масса, кг 1,5

Реле указательное РУ02

$U_{ном}$, В . . . . 24—220
$I_{ном}$, А 1
Собственное время включения и отключения, с 0,03
Масса, кг 0,03

Газовые реле	**BF80/Q**	**BF50/10**
$U_{ном}$, В	220	
Скорости потока масла, м/с, при срабатывании отключающего элемента	0,65; 1; 1,5	
Время срабатывания при скорости потока масла 1,25 уставки, с	0,15	
Габариты, мм	200 × 170 × 235	195 × 170 × 249
Масса, кг	5,8	6,7

Струйное реле URF25/10

$U_{ном}$, В 250
Срабатывание реле при скорости потока масла, м/с:
первый диапазон 0,9; 1,2; 1,5
второй диапазон 1,5; 2; 2,5
Габариты, мм . . . . 200 × 170 × 206
Масса, кг 3,9

Реле защиты электродвигателей

Реле электротепловые токовые ТРН

$U_{ном}$, В:

перем. тока ТРН-10 500

пост. тока ТРН-25. 440

перем. тока ТРН-40 660

$I_{ном}$, А 10; 25; 40

Время срабатывания при:

1,2 $I_{ном}$ . . . . 20 мин

6 $I_{ном}$ . . . . 3—25 с

Габариты, мм . . . . (57 × 77 × 106) × (85 × 90 × 100) × 48,5

Масса, кг . . . . 0,28—0,43

Реле электротепловые токовые РТТ

$U_{ном}$, В . . . . 440 (пост.) и 660 (перем.)

$I_{ном}$, А 10; 25; 63; 160; 630

Допустимое время протекания тока 1,2 $I_{ном}$, мин . 20

Термическая стойкость реле при однократной нагрузке 18 $I_{ном}$:

на $I_{ном}$ тепловых элементов

до 10 А . . . . 0,5 с

10—160 А . . . . 1 с

Габариты, мм . . . . (67÷310) × (52÷95) × (80÷114)

Масса, кг . . . . 0,155—1,55

Реле электротепловые токовые РТЛ

$U_{ном}$, В . . . . 440 (пост.) и 660 (перем.)

$I_{ном}$, А 25; 80; 200

Допустимое время протекания тока 1,2 $I_{ном}$, мин . 20

Габариты, мм . . . . (44÷161) × (90÷145) × (61÷141)

Масса, кг . . . . 0,163—1,75

Реле утечки дифференциальное РУД-05 УЗ

$I_{ном}$ защищаемых установок, А . . . . 100 и 250

$U_{ном}$, В 380; 220

Исполнение по уставкам, мА (для исполнения 100 А). 30; 100; 300

То же (для исполнения 250 А) 100; 300; 1000

Время срабатывания, мс 60

Габариты, мм . . . . 80 × 130 × 135

Масса, кг . . . . 1 (датчики тока 0,4 для 100 А и 0,6 для 350 А)

Реле дифференциальное ДЗТ для дифзащиты одной фазы тр-ров и СГ)

МДС срабатывания, А	100
Время срабатывания при 3 $I_{сраб}$, с	0,04
Габариты, мм	206 × 190 × 232
Масса, кг	3,5

Блок-реле РТФ-6М

$I_{ном}$ (перем.), А	5 или 10
$U_{ном}$ пост. тока, В	220
Диапазон регулирования уставок интегрального органа по тепловой постоянной А, с	
1-е исполнение	5—10
2-е исполнение	10—20
3-е исполнение	20—45
Диапазон регулирования уставок по I_2 для исполнений 1—3-го соответственно, с:	
сигнального органа	0,05—0,15
	0,05—0,15
	0,1—0,3
пускового органа	0,08—0,24
	0,08—0,24
	0,12—0,36
"отсечки I"	0,4—1,2
"отсечки II"	0,7—1,9
Габариты, мм	290 × 290 × 642
Масса, кг	35
$U_{ном}$ выхода, В	220
$P_{ном}$ на выходе кВт	1
Габариты, мм	1275 × 600 × 400

Блоки питания устройств РЗ

Стабилизированный блок напряжения БПНС-2 для питания оперативных цепей (выпрямленный оперативный ток) автоматики, РЗ и управления ПС промышленных предприятий

$U_{ном}$ питания, В	100; 230; 400; 415; 550
f, Гц	50

Блок конденсаторов БК-400 (кратковременный источник энергии в схемах РЗ и автоматики — конденсатор)

$U_{ном}$, В	440
Емкость блока, мкФ	40(БК-401); 80(БК-402); 200(БК-403)
Массы блоков конденсаторов соответственно, кг	3;3,5; 8

Блок питания БП-1002 для питания выпрямленным током аппаратуры РЗ, автоматики и управления

$U_{ном}$ входное, В	100; 110; 127; 220; 380
$U_{ном}$ выходное, В	110; 220
Число фаз:	
БПН-1002	3
БПТ-1002	1
(Н — блок напряжения; Т — блок тока)	
Минимально допустимое сопротивление нагрузки при $U_{ном}$, В, выходном, Ом:	
110 В	
БПН-1002	5
БПТ-1002	10
220 В	
БПН-1002	20
БПТ-1002	40
Выходная мощность, Вт, при минимально допустимом сопротивлении нагрузки (в течение 5 с):	
БПН-1002	1280
БПТ-1002	800
Масса блока, кг	32

Блок питания преобразовательный БП-180 для питания панелей РЗ ВЛ 110 кВ и выше

$U_{ном}$ пост, тока, В:	
входное	110 или 220
выходное	6; 12 и 24
$U_{ном}$ перем. тока, В, выходное	27
f выходного напряжения, Гц	400
$P_{ном}$, Вт, выходная для цепей	6/2; 12/18; 24/50
$P_{ном}$, В · А, выходная для цепи 27 В	110
Габариты, мм	653 × 455 × 301

Сведения о микропроцессорных (цифровых) устройствах защиты и автоматики

Микропроцессорные устройства "Сириус" предназначены для осуществления функций РЗА на отходящих линиях в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью напряжением 6—35 кВ. Устройство осуществляет трехступенчатую МТЗ, защиту от обрыва провода, защиту от однофазных замыканий на землю, а также выполняет функции включения и отключения выключателя. Устройство может также применяться для защиты трансформаторов мощностью до 1000 кВА, например трансформаторов собственных нужд.

При авариях устройство фиксирует вид и причину отключения, дату и время в момент срабатывания, ток отключения, продолжительность аварийного режима. В случае срабатывания МТЗ рассчитывается также расстояние до места КЗ. Дополнительно запоминается векторная диаграмма фазных токов в момент отключения линии. Устройство обеспечивает двухкратное АПВ, выдачу сигналов УРОВ, а также ручное и дистанционное управление выключателем.

Микропроцессорные устройства "Сириус-С" предназначены для выполнения функций РЗА, управления и сигнализации секционного выключателя напряжением 6—35 кВ.

Устройства устанавливают в релейных отсеках КРУ и КРУН, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций напряжением 6—35 кВ. Устройства обеспечивают:

- выполнение функций защит, автоматики и управления;
- задание внутренней конфигурации (ввод/вывод защит и автоматики, выбор защитных характеристик и т. д.);
- ввод и хранение уставок защит и автоматики;
- контроль и индикацию положения выключателя, а также контроль исправности его цепей управления;
- определение вида повреждения линии;
- передачу параметров аварии, ввод и изменение уставок по линии связи;
- неисправный оперативный контроль работоспособности (самодиагностику) в течении всего времени работы;
- блокировку всех выходов при неисправности устройства для исключения ложных срабатываний;

- получение дискретных сигналов управления и блокировок, выдачу команд управления, аварийной и предупредительной сигнализации;
- гальваническую развязку всех входов и выходов, включая питание для обеспечения высокой помехозащищенности.

Функции защиты:

Трехступенчатая МТЗ от междуфазных повреждений с контролем двух или трехфазных токов, в том числе с возможностью работы МТЗ-1 в режиме ускоряющей отсечки и автоматическим вводом ускорения первой и второй ступеней МТЗ при любом включении выключателя.

Защита от обрывов фазы или перекоса нагрузки (ЗОФ).

Логическая защиты шин.

Функции автоматики

Операции отключения и включения выключателя по внешним командам.

Формирование сигнала УРОВ при отказах своего выключателя.

Исполнение входного сигнала УРОВ при отказах нижестоящих выключателей.

Дополнительные сервисные функции.

Определение вида повреждения при срабатывании МТЗ.

Фиксация токов в момент аварии.

Измерение времени срабатывания защиты и отключения выключателя.

Микропроцессорные устройства "Сириус-В" предназначены для выполнения функций РЗА, управления и сигнализации выключателя ввода напряжением 6—35 кВ. Устройства устанавливают в релейных отсеках КРУ и КРУН, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций напряжением 6—35 кВ.

Устройства обеспечивают те же функции что и устройства "Сириус-С", а также дополнительно: высокое сопротивление и прочность изоляции входов и выходов относительно корпуса и между собой для повышения устойчивости устройства к перенапряжениям, возникающим во вторичных цепях КРУ.

При выполнении функций защиты дополнительно обеспечивается защита минимального напряжения, а любая из ступеней МТЗ может быть выполнена направленной.

Функции автоматики:

Возможности подключения внешних защит, например, дуговой.

Однократное АПВ.

Формирование сигнала АВР для включения секционного выключателя.

Микропроцессорные устройства "Орион" предназначены для осуществления функций релейной защиты в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью напряжением 6—35 кВ, но могут использоваться в сетях напряжением 0,4 кВ. Устройства осуществляют токовую отсечку, двухступенчатую МТЗ, а также защиту от обрыва провода. Вторая ступень МТЗ может программироваться с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

Устройства устанавливают на металлических заземленных панелях в помещениях щитов управления и релейной защиты подстанций, а также в ячейках КРУ.

Устройства обеспечивают возможность программного задания требуемой конфигурации с помощью переключателя "режим".

Устройства обеспечивают вывод на светодиодные индикаторы следующей информации:

- режим нормальной работы;
- режим запуска, т. е. срабатывания пусковых органов и запуск выдержки времени;
- состояние силовых выходных контактов реле отключения;
- сработавшие ступени и виды защиты с фиксацией до последующего сброса кнопкой;
- срабатывание АПВ;
- наличие оперативного питания;
- несанкционированное изменение значения уставок.

Микропроцессорные устройства "Орион-М" предназначены для выполнения функций РЗА, управления и сигнализации присоединений напряжением 6—35 кВ.

Устройства устанавливают в релейных отсеках КРУ и КРУН, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций.

Устройства обеспечивают те же функции что и "Сириус-С".

Функции защиты:

Токовая отсечка с контролем двух или трехфазных токов.

Двухступенчатая МТЗ от междуфазных повреждений с контролем двух- или трехфазных токов.

Автоматической ввод ускорения второй ступени МТЗ при любом включении выключателя.

Функции автоматики:

Однократное АПВ.

Операции отключения и включения выключателя по внешним командам.

Возможность подключения внешних защит, например дуговой или от однофазных замыканий на землю.

Использование в устройствах современной микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений и постоянство характеристик, что позволяет существенно повысить чувствительность и быстродействие защит, а также уменьшить ступени селективности.

Наряду с достоинствами, у цифровых реле имеются недостатки: малая помехоустойчивость, слабый выходной сигнал, что делает необходимым применение специальных усилителей, а также использование промежуточных электромеханических реле для связи с приводом выключателя.

Переход на цифровые устройства в РЗА, а точнее на цифровые способы обработки информации не привел к появлению новых принципов построения защиты электрооборудования, но существенно улучшил эксплуатационные качества реле.

Самоконтроль значительно повысил надежность цифровых РЗА, так как появилась возможность своевременно оповещать персонал об отказах в аппаратной и программной частях, что позволяет принять немедленные меры по восстановлению работоспособности РЗА.

Появление цифровых устройств РЗА не означает полный отказ от использования традиционных электромеханических устройств. Там, где последние обеспечивают требуемые чувствительность, быстродействие, надежность и избирательность, их надо использовать в полной мере, так как электромеханические устройства РЗА более экономичны, просты и, кроме того, накоплен большой опыт по их обслуживанию.

Ниже приведены выбор и расчет защиты основных элементов системы электроснабжения (табл. 3.8.2÷3.8.5).

Таблица 3.8.2. **Выбор и расчет защиты силовых трансформаторов на напряжение 220—35/35—6 кВ**

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Мощность трансформатора, кВ·А	Название и исполнение защиты	Параметры срабатывания		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Многофазное КЗ в обмотках трансформатора и на его выводах	10000 и выше; 6300 и выше на трансформаторах, работающих параллельно, и на трансформаторах собственных нужд; 1000—63 000, если токовая отсечка не удовлетворяет чувствительности	Дифференциальная отсечка	Отстраивают от токов намагничивания и небаланса при внешних КЗ	$I_{с.р} = k_н \frac{I_{ном.\,т}}{k_{т.\,т}}$ (прим. 1)	$k_н = 3 \div 4$
		Дифференциальная с токовыми реле типа РНТ	Отстраивают от тока периодической составляющей тока небаланса	$I_{с.р} = k_н \frac{I_{ном.\,т}}{k_{т.\,т}}$	$k_н = 1{,}4 \div 2$
		Дифференциальная с реле, имеющими торможение	—	$I_{с.р} = f(I_{т.о})$ (прим. 4)	—
	На всех трансформаторах, где не предусматривают дифзащиту	Токовая отсечка со стороны питания (и максимальная токовая защита с выдержкой времени со стороны приемников электроэнергии)	Отстраивают от максимального тока КЗ при КЗ за трансформатором	$I_{с.р} = k_н \frac{k_{сх} I_{к,\,max}}{k_{т.\,т}}$	$k_н = 1{,}3 \div 1{,}6$ (в зависимости от типа токовых реле)
			Отстраивают от броска намагничивающего тока при включении трансформатора под напряжение	$I_{с.р} = k_н \frac{I_{ном.\,т}}{k_{т.\,т}}$	$k_н = 3 \div 5$
Витковые замыкания и другие повреждения внутри кожуха трансформатора, связанные с выделением газа и понижением уровня масла	10000 и выше; 1000—6300 и выше при отсутствии быстродействующей защиты; внутрицеховые трансформаторы	Газовая	—	—	—

Продолжение табл. 3.8.2

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Мощность трансформатора, кВ·А	Название и исполнение защиты	Параметры срабатывания		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Однофазные замыкания на землю на стороне высшего напряжения	1000 и выше на повышающих и понижающих трансформаторах, присоединенных к сети с большим током замыкания на землю, при заземленной нейтрали	Максимальная токовая нулевой последовательности	При заземленной нейтрали трансформатора с защитой всей сети	—	—
Однофазные замыкания на землю со стороны низшего напряжения	400 и выше на понижающих трансформаторах с соединением обмоток звезда—звезда с заземленной нейтралью	Защита от токов, обусловленных внешними КЗ и специальная защита нулевой последовательности	С токовыми отсечками на двигателях	—	—
Внешние КЗ	Повышающие трансформаторы с двусторонним питанием	Максимальная токовая с пуском от реле минимального напряжения	Отстраивают от номинального тока трансформатора	$I_{с.р}=\frac{k_н I_{ном.т}}{k_{воз}k_{т.т}}$	$k_н = 1,1\div1,2$ $k_{воз}= 0,8\div0,9$
	—	—	Напряжение срабатывания из условия возврата реле при минимальном рабочем напряжении	$U_{с.р}=\frac{U_{р,min}}{k_н k_{воз}k_{т.н}}$	$k_н = 1,1\div1,2$ $k_{воз} = 1,2$

Продолжение табл. 3.8.2

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Мощность трансформатора, кВ·А	Название и исполнение защиты	Параметры срабатывания		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Внешние КЗ	—	Фильтровая обратной последовательности	Отстраивают от токов небаланса, токов, возникающих при обрыве фазы линий, защиту согласуют по чувствительности с защитами других элементов	$I_{с.р} = (0{,}5 \div 0{,}8) \times \frac{I_{ном.\,т}}{k_{т.\,т}}$	—
	Понижающие трансформаторы мощностью выше 1000	Максимальная токовая с пуском от реле минимального напряжения	При заземленной нейтрали трансформатора с зашитой всех сетей	См. эту же защиту для повышающих трансформаторов	—
	Максимальная токовая с пуском от реле минимального напряжения	Максимальная токовая (прим. 2)	Отстраивают от максимальных токов нагрузки; из условия возврата реле после снижения тока до максимального тока нагрузки	$I_{с.р} = \frac{k_н I_{нг,\,max}}{k_{воз} k_{т.\,т}}$	$k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$ $k_{воз} = 0{,}8 \div 0{,}9$
	До 1000 на повышающих и понижающих трансформаторах	Максимальная токовая			
Перегрузка	Все трансформаторы, имеющие релейную защиту, если по режиму работы возможны длительные опасные для трансформатора перегрузки	Максимальная токовая с одним реле в одной фазе	Из условия возврата токового реле при номинальном токе трансформатора	$I_{с.р} = \frac{k_н}{k_{воз}} I_{ном.т}$	$k_н = 1{,}05$ $k_{воз} = 0{,}8 \div 0{,}9$

П р и м е ч а н и я: 1. Трансформаторы тока, на которые включается дифзащита, должны удовлетворять кривым 10 %-ной погрешности. При этих условиях ток срабатывания реле, выбранный по условиям отстройки от тока намагничивания, обеспечивает отстройку от токов небаланса.

2. При выборе уставок максимальной токовой защиты трансформатора, питающего двигатель, ток срабатывания защиты выбирают из условия отстройки от тока самозапуска двигателей. В этом случае ток срабатывания реле максимальной токовой защиты определяют по формуле

$$I_{с.р} = \frac{k_н k_{сх} k_{с.з} I_{нг,\,max}}{k_{т.т} k_{воз}},$$

где $k_н$ = 1,2÷1,4 в зависимости от типа реле, на которых выполнена защита; $k_{воз}$ — коэффициент возврата ($k_{воз}$ = 0,85 для реле типа РТ; $k_{воз}$ = 0,7 для реле типа РТВ); $k_{сх}$— коэффициент схемы; $k_{с.з}$ — коэффициент, учитывающий токи самозапуска двигателей.

3. При наличии у трансформатора выносного добавочного трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой необходимо дополнительно к указанным защитам предусматривать следующие защиты: газовую защиту добавочного трансформатора; токовую защиту с блокировкой или торможением при внешних КЗ; дифзащиту, охватывающую трансформатор без его регулирующей части, или максимальную защиту нулевой последовательности, охватывающую обмотку основного трансформатора и соединенную последовательно с ней обмотку добавочного трансформатора.

4. $I_{ном.\,т}$ — номинальный ток трансформатора; $I_{к,\,max}$ — максимальный ток КЗ при КЗ за трансформатором; $U_{р,\,min}$ — минимальное рабочее напряжение; $I_{нг,\,max}$ — максимальный ток нагрузки.

Таблица 3.8.3. **Выбор и расчет защиты асинхронных двигателей напряжением до 1 кВ**

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Название и исполнение защиты	Уставка времени, с	Параметры срабатывания	Зона действия защиты
Многофазные КЗ	Токовая, предохранителями[1]	По характеристике плавкого предохранителя	Ток плавкой вставки для двигателей с нормальным пуском $I_{п.в} = I_п/2{,}5$; для двигателей с тяжелым пуском $I_{п.в} = \frac{I_п}{1{,}6 \div 2}$	Двигатель и провода до места установки предохранителей на щите
	Максимальная токовая с максимальным расцепителем автоматического выключателя[2]	0	Ток уставки максимального расцепителя автоматического выключателя $I_а \geqslant 1{,}2 I_п$	Двигатель и провода до места установки автоматического выключателя
Многофазные замыкания и кратковременное снижение напряжения	Минимального напряжения, при помощи расцепителя минимального напряжения автоматического выключателя на оперативном переменном токе[3]	0	Напряжение уставки расцепителя минимального напряжения автоматического выключателя $U_а < 0{,}8\ U_{ном}$	От источников питания (шины) до двигателя

[1] Защиту одними предохранителями обычно осуществляют для двигателей малой мощности (до 20—50 кВт).

[2] Применяют для двигателей мощностью до 1000 кВт.

[3] Применяют для отключения малоответственных двигателей, для обеспечения самозапуска ответственных двигателей и для тех двигателей, режим самозапуска которых не должен иметь места по технологическим условиям.

Обозначения: $I_{п.в}$ — ток плавкой вставки; $I_а$ — ток уставки автоматического выключателя; $I_п$ — пусковой ток двигателя; $U_а$ — напряжение уставки автоматического выключателя; $U_{ном}$ — номинальное напряжение двигателя.

Таблица 3.8.4. **Выбор и расчет защиты синхронных и асинхронных двигателей на напряжение выше 1 кВ**

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Название и исполнение защиты	Мощность двигателя, кВт	Уставка времени, с	Параметры срабатывания защиты			
				Отстраивается от	Расчетная формула	Коэффициент	Зона действия защиты
Многофазные КЗ в двигателе и на его выводах	Токовая отсечка с одним реле, включенным на разность фазных токов	До 2000	0	Бросков тока в первый момент КЗ в сети; пускового тока двигателя при полном напряжении сети и выведенном резисторе в цепи ротора	$I_{с.р} = \frac{k_{сх} k_{н}}{k_{воз} k_{т.т}} I_{п}$	$k_{н} = 1{,}2$; $k_{воз} = 0{,}85$	Двигатель и кабель до места установки предохранителей
	Токовая отсечка с двумя реле, включенными на фазные токи	Выше 2000	0		$I_{с.р} = \frac{k_{н} 1{,}8}{k_{т.т}} I_{п}$	$k_{н} = 1{,}2$; 1,8 — коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую пускового тока	
	Продольная дифференциальная с тремя реле	Выше 5000	0	—	$I_{с.р} = (1{,}5 \div 2) \times \frac{I_{д.ном}}{k_{т.т}}$	—	—
	Продольная дифференциальная с двумя или одним реле	До 5000, имеющего шесть выводов, если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности					

Продолжение таблицы 3.8.4

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Название и исполнение защиты	Мощность двигателя, кВт	Уставка времени, с	Параметры срабатывания защиты			
				Отстраивается от	Расчетная формула	Коэффициент	Зона действия защиты
Замыкания на землю	Максимальная токовая нулевой последовательности	До 2000; выше 2000	—	—	$I_{с.з} \leqslant 10$ $I_{с.з} \leqslant 5$ А	—	Двигатель и кабель от трансформатора тока нулевой последовательности до двигателя
Перегрузки	Однофазная или двухфазная максимальная токовая		Выбирается из условий отстройки от времени пуска и самозапуска (у двигателей, для которых предусмотрен самозапуск)	Номинального тока двигателя	$I_{с.р} = \dfrac{k_н I_{д.\,ном}}{k_{воз} k_{т.\,т}}$	$k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$ (для защиты действующей на сигнал); $k_н = 1{,}5 \div 1{,}75$ (для защиты, действующей на отключение)	Двигатель

Окончание таблицы 3.8.4

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Название и исполнение защиты	Мощность двигателя, кВт	Уставка времени, с	Параметры срабатывания защиты			
				Отстраивается от	Расчетная формула	Коэффициент	Зона действия защиты
Снижение напряжения при КЗ или при ошибочных действиях персонала	Защита минимального напряжения	Для всех двигателей, не работающих в режиме самозапуска, и для ответственных двигателей, пуск которых невозможен по технологическим условиям после длительного снижения напряжения	—	Самозапуска ответственных двигателей	$U_{с.р} = (0{,}6 \div 0{,}7)\, U_{ном}$	—	От источника питания до двигателя
Асинхронный режим работы (для синхронных двигателей)	Максимальная токовая от перегрузки	Для двигателей, имеющих ОКЗ $\geqslant 1$* Для двигателей, имеющих ОКЗ $\leqslant 1$*	Выдержка времени должна быть больше времени затухания пусковых токов двигателя (8—10 с)	—	На РТ-80, РТ-40 $I_{с.з} = (1{,}3 \div 1{,}4) \times I_{д.ном}$	—	Двигатель

* При условии установки дополнительной защиты от обрыва цепи возбуждения (совмещенная защита).

** Также применяется совмещенная защита, но с независимой от тока КЗ выдержкой времени.

Обозначения: $I_{с.р}$ — ток срабатывания реле; $I_п$ — максимальное значение периодической составляющей пускового тока двигателя; $I_{д.ном}$ — номинальный ток двигателя; $U_{с.р}$ — напряжение срабатывания реле; $k_{воз}$ — коэффициент возврата реле; $U_{ном}$ — номинальное напряжение двигателя; $k_{т.т}$ — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Таблица 3.8.5. **Выбор и расчет защиты кабельных и воздушных линий на напряжение 6—35 кВ в сетях с малыми токами замыкания на землю**

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Характеристика линии	Название и исполнение защит	Параметры срабатывания защиты		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Многофазное КЗ	Одиночная нереактированная воздушная линия одностороннего питания	Максимальная токовая со ступенчатой настройкой выдержек времени в сочетании с токовой отсечкой	1) Отстраивается от максимального тока линии 2) Защита должна надежно срабатывать при КЗ на всем протяжении защищаемой линии	Максимальная токовая защита $I_{с.р} = \frac{k_н I_{р,\,max}}{k_{воз} k_{т.\,т}}$ (см. прим. 2)	$k_н = 1,1 \div 1,2$
			Отстраивается от тока КЗ в конце линии или другой определенной точке	Токовая отсечка $I_{с.р} = \frac{k_н I''_м}{k_{т.\,т}}$	$k_н = 1,2 \div 1,3$ для реле типа РТ-40 $k_н = 1,4 \div 1,5$ для реле типа РТ-80
	Одиночная нереактированная кабельная линия, отходящая от шин подстанции	Токовая отсечка без выдержки времени	Ток срабатывания отсечки должен быть выбран из условий сохранения напряжения на шинах подстанций при КЗ на линии не менее $(0,5 \div 0,6)\ U_{ген}$	Ориентировочно $I_{с.р} \leqslant \frac{(0,4 \div 0,5) I_{ном}}{X_\Sigma}$ (см. прим. 3)	—
	Одиночная реактированная кабельная или воздушная линия одностороннего питания, выключатель которой не рассчитан на отключение КЗ до реактора	Максимальная токовая с выдержкой времени	1) Отстраивается от максимального тока линии 2) Защита должна надежно срабатывать при КЗ на всем протяжении защищаемой линии	$I_{с.р} = \frac{k_н I_{р,\,max}}{k_{воз} k_{к,\,т}}$	$k_н = 1,1 \div 1,2$

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Характеристика линии	Название и исполнение защит	Параметры срабатывания защиты		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Многофазное КЗ	То же, но с выключателем, рассчитанным на отключение КЗ и до реактора	Максимальная токовая со ступенчатой настройкой выдержек времени в сочетании с токовой отсечкой	Аналогично защите одиночной нереактированной воздушной линии одностороннего питания		
	Сдвоенная кабельная линия, включенная под один выключатель	Поперечная дифзащита с циркулирующими токами	Отстраивается от максимального тока небаланса	$I_{с.р} = k_н I_{нб,\ max}$ (см. прим. 7)	$k_н = 1{,}25$
	Две воздушные или кабельные линии одностороннего питания, присоединенные под разные выключатели	Поперечная направленная дифзащита	Отстраивается от: 1) токов небаланса нормального режима и при сквозном КЗ 2) максимального тока нагрузки в режиме, когда на одном конце линии включены выключатели обеих линий, а на втором — одной линии	$I_{с.р} = \dfrac{k_н I_{нб,\ max}}{k_{воз} k_{т,\ т}}$ $I_{с.р} = \dfrac{k_н I_{р,\ max}}{k_{воз} k_{т,\ т}}$ (см. прим. 4)	$k_н = 1{,}15 \div 1{,}25$

Продолжение таблицы 3.8.5

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Характеристика линии	Название и исполнение защит	Параметры срабатывания защиты		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Многофазное КЗ	То же, частный случай защиты двух параллельных линий при двухступенчатом одностороннем питании	Максимальная токовая со ступенчатой настройкой выдержек времени в сочетании с токовой отсечкой без выдержки времени на секционном выключателе и защитой от минимального напряжения с выдержкой времени	Отстраивается от: 1) рабочего тока при работе одной линии 2) бросков тока при самозапуске двигателей на цеховой подстанции	$I_{с.р} = \frac{k_н I_{р,\,max}}{k_{воз} k_{т,\,т}}$ $U_{с.р} \approx (0{,}3 \div 0{,}4)\, U_{ном}$	$k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$ для реле типа РТ-40 $k_н = 1{,}4 \div 1{,}5$ для реле типа РТ-80
	Параллельные линии двустороннего питания	Максимальная токовая со ступенчатой настройкой выдержек времени с делением токовой отсечкой на подстанции на две радиальные линии одностороннего питания или поперечная дифференциальная с приемной стороны. Для коротких линий допускается применение продольной дифзащиты	Отстраивается от: 1) максимального рабочего тока линии 2) максимального тока небаланса	$I_{с.р} = \frac{k_н I''_м}{k_{т,\,т}}$ $I_{с.р} = k_н I_{нб,\,max}$	$k_н = 1{,}2 \div 1{,}3$ для реле типа РТ-40 $k_н = 1{,}4 \div 1{,}5$ для реле типа РТ-80

Характер повреждения или нарушения нормального режима работы	Характеристика линии	Название и исполнение защит	Параметры срабатывания защиты		
			С чем согласуется защита	Расчетная формула	Коэффициент
Многофазное КЗ	Кольцевые радиальные двустороннего питания	Ступенчатая токовая направленная или ступенчатая токовая с делением кольца токовой отсечкой на радиальные линии одностороннего питания	Отстраивается от максимальных рабочих токов линии (см. прим. 8)	$I_{с.р} = \frac{k_н I_{р,\ max}}{k_{воз} k_{т,\ т}}$	$k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$ для реле типа РТ-40 $k_н = 1{,}4 \div 1{,}5$ для реле типа РТ-80
Замыкания на землю	—	Максимальная токовая нулевой последовательности	Отстраивается от: 1) тока небаланса при максимальной нагрузке линии 2) емкостного тока данной линии при повреждении на другой линии	$I_{с.р} = \frac{k_н I_с}{k_{т,\ т}}$ (см. прим. 5)	$k_н = 4 \div 5$ (см. прим. 6)
Перегрузка	Кабельные линии, на которых возможны по режиму работы систематические перегрузки	Максимальная токовая в однорелейном исполнении	Отстраивается от максимального допустимого тока нагрузки линии	$I_{с.р} = \frac{k_н I_{ном}}{k_{т,\ т}}$	$k_н = 1{,}2 \div 1{,}4$

П р и м е ч а н и я: 1. Распространяется и на защиту блоков линия — трансформатор (допустимая протяженность линии до 3 км), если у трансформатора не требуется более сложная защита.

2. Ток срабатывания защиты должен быть проверен по условию $k_ч = \frac{I_{к,\,min}}{k_{т.\,т} I_{с.\,р}} > 2$, где $k_ч$ — коэффициент чувствительности.

3. При таком выборе тока срабатывания защита может оказаться неизбирательной, что является допустимым при наличии устройства АПВ и АВР.

4. Второе условие является, как правило, определяющим.

5. Отстройка от собственного емкостного тока всегда обеспечивает выполнение условия отстройки от токов небаланса.

6. Для систем с изолированной нейтралью.

7. Ток небаланса обусловливается погрешностью трансформатора тока и неравенством сопротивлений параллельных линий.

8. Во избежание неправильной работы отсечки при качаниях ее ток срабатывания должен быть отстроен от токов качания; $I_{с.р} = k_н I_{кач}$, где $k_н = 1{,}2 \div 1{,}3$; $I_{кач} = \frac{E_1 + E_2}{X_\Sigma}$; E_1 —ЭДС первого источника питания; E_2 — ЭДС второго источника питания; X_Σ — суммарное сопротивление от одного источника питания до другого, включая и сопротивление самих источников питания.

9. I_{pmax} — максимальный ток нагрузки при наиболее тяжелом режиме работы линии; $I''_м$ — наибольший ток КЗ от одного из двух источников питания; $k_н$ — коэффициент надежности; $I_с$ — собственный емкостный ток линии при однофазном замыкании на другой линии; $I_{нб,\,max}$ — максимально возможный ток небаланса при повреждении в незащищенной зоне; $I_{ном}$ — номинальный ток линии; $I_{с.р}$ — ток срабатывания реле; $k_{воз}$ — коэффициент возврата реле.

3.9. Кабели, шины, провода

Типоразмеры силовых кабелей приведены в табл. 3.9.1. Буквенные обозначения марок кабелей даны ниже.

Буквенные обозначения марок кабелей:

А — (первая буква) — алюминиевая жила;

А (вторая буква) — алюминиевая оболочка;

Б —бронепокров из плоских лент;

б — отсутствие подушки у защитного покрова;

В — ПВХ оболочка (первая буква) или изоляция жил (вторая буква) при расположении в начале или в середине обозначения марки; **В** через дефис в конце обозначения — обедненно-пропитанная изоляция;

в — в середине обозначения — изоляция из вулканизированного полиэтилена; в конце обозначения — подушка защитного покрова с поливинилхлоридным шлангом;

Г — отсутствие наружного покрова поверх брони или металлической оболочки;

К — бронепокров из стальных круглых проволок;

л — усиленная подушка у защитного покрова;

2л — особо усиленная подушка у защитного покрова;

Н — резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горения;

н — негорючий наружный покров у защитного покрова;

О — отдельная оболочка каждой жилы;

П — в начале или в середине обозначения — полиэтиленовая оболочка или изоляция жил; в конце обозначения — бронепокров из стальных плоских проволок;

п — подушка с полиэтиленовым шлангом у защитного покрова;

Р — резиновая изоляция жил;

С — свинцовая оболочка;

с — изоляция из самозатухающего полиэтилена;

СТ — стальная гофрированная оболочка;

У — в конце обозначения — кабели, изготовленные после 1/IV 1985 г.

Ц — бумажная изоляция с нестекающим составом на основе церезина;

Шв — наружный покров из поливинилхлоридного шланга;

Шп — наружный покров из полиэтиленового шланга.

Медные жилы, бумажная пропитанная изоляция, подушка нормального исполнения и нормальный наружный покров во всех марках не имеют буквенных обозначений.

Силовые кабели с нестекающей изоляцией, с пластмассовой и резиновой изоляцией допускают прокладку на трассах с неограниченной разностью уровней между высшей и низшей точками их расположения.

Таблица 3.9.1. **Типоразмеры силовых кабелей напряжением до 35 кВ**

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией								
ААГ, АСГ, СГ, ААШв, ААШп	1	—	10—800	10—625	—	—	25—400	120—300
ААБлГ, ААБл, ААБ2л, ААБ2Шв, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБ2л, СБ2л, АСБн, СБН, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ	1	—	10—800	10—625	—	—	—	—
ААПл, ААП2л, ААПлГ, АСП; СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, ААПлШв	1	—	50—800	35—625	—	—	—	—
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, СБн-В, АСБлн-В, АСБ2л-В, АСБн-В, СБ2л-В	1	—	10—500	10—500	—	—	—	—
АСБГ-В, СБГ-В	1	—	10—625	—	—	—	—	—
АСБ2лГ-В, СБ2лГ-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, АСП2л-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, ААПл-В, СП2л-В	1	—	240—625	—	—	—	—	—
АСП2лГ-В, СП2лГ-В	1	—	—	240—625	—	—	—	—
АСКл, СКл	1	—	—	—	—	—	—	120—300
ААБл, ААБл-В, АСБ, СБ, АСБ-В, СБ-В, АСБл, СБл, АСБл-В, СБл-В, АСП2л, СП2л, АСПл, СКл, АСКл	1*	—	240—800	—	—	—	—	—
АСГ, СГ, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБ2л, СБ2л, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ	2	—	6—150	—	—	—	—	—
АСП, СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПГ, СПГ		2	—	25—150	—	—	—	—
АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В. СБн-В, АСБлн-В, СБлн-В, СБГ-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, АСБГ-В	2	—	6—120	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 3.9.1

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2Л-В, СП2л-В	2	—	25—120	—	—	—	—	—
ААГ, ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2лШв, ААБ2лШп, ААБлГ, АСШв, ААБ2л, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСБ2лШв, СБ2лШв, АСБ2лГ, СБ2лГ, СГ, АСГ, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн	3	—	6—240	6—240	10—240	16—240	—	—
СПШв	3	—	25—240	—	16—240	16—240	—	—
СШв, СБШв, ААП2л, ААПлГ, ААП2лШв, ААП2лГ, АСПл, АСП, СП, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, АСП2лГ, СПГ, АСКл, СКл, СП2лГ	3	—	25—240	25—240	16—240	16—240	—	—
АОАБ, ОАБ, АОАБ2л, ААБ2л, ОАБ2лГ, АОАБ2лГ, АОСБ, ОСБ, АОСБл, ОСБл, АОСБн, ОСБн, АОСБГ, ОСБГ, АОАШвБ, ОАШвБ	3	—	—	—	—	—	25—185	120—150
АОСК, ОСК	3	—	—	—	—	—	25—185	120
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБн-В, ААГ-В, АСБлн-В, СБлн-В, АСБГ-В, СБГ-В, СБ2л-В, ААШп-В, АСБ2л-В, СБл-В, АСБн-В	3	—	6—120	6—120	6—120	—	—	—
ААБв, ААБвГ	3	—	—	—	10—240	16—240	—	—
ААШв-В, ААБлГ-В, АСБГ-В, СБГ-В	3	—	185—240	—	—	—	—	—
ААПл-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, СПлн-В, АСПлн-В, АСП2л-В, СП2л-В	3	—	25—150	25—150	16—120	—	—	—

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
АСПГ-В, СПГ-В, АСП2лГ-В, СП2лГ-В	3	—	185—240	—	—	—	—	—
ААГ, ААШп, ААШв, ААБлГ, ААП2лШв, ААБл, ААБ2л, АСГ, СГ, АСБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСШв, СШв, СБШв, АСБГ-В, СБГ-В	4	—	10—185	—	—	—	—	—
ААПл, ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПШв, СПл, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, АСП2л	4	—	16—185	—	—	—	—	—
ААШв, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБн-В, АСБлн-В, СБн-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В	4	—	10—120	—	—	—	—	—
АСКл, СКл	4	—	25—185	—	—	—	—	—
ААБлГ-В, ААПл-В, ААПлГ-В, СП-В, АСП-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2л-В, АСПл-В, СПн-в	4	—	16—120	—	—	—	—	—
Кабели с бумажной изоляцией, иропитанной иестекающим составом								
ЦААШв, ЦСШв, ЦАСШв	1	—	—	—	—	—	—	120—130
ЦААБл, ЦААБ2л,.ЦААБШв, ЦААБШп, ЦААБлГ, ЦААБлн, ЦААПл, ЦААП2л, ЦААПлГ, ЦААПлн, ЦААПлШв, ЦААСПШв, ЦСБн, ЦААШв, ЦАСБ, ЦСБ, ЦАСБГ, ЦСБГ, ЦАСБн, ЦАСБШв, ЦСШв, ЦАСШв, ЦСПШв, ЦСБШв, ЦАСП, ЦАСБл, ЦСБл, ЦАСПГ, ЦСП, ЦСПГ, ЦСПн, ЦАСПл, ЦСПл, ЦАСКл, ЦСКл, ЦААБвГ, ЦАСПн	3	—	—	—	25—185	25—185	—	—

Продолжение табл. 3.9.1

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
ЦАОСБ, ЦОСБ, ЦАОСБл, ЦОСБл, ЦАОСБГ, ЦОСБГ, ЦАОАБ, ЦОАБ, ЦОАБ2л, ЦАОАБ2л, ЦАОАБ2лГ, ЦОАБ2лГ	2	—	—	—	—	—	—	120—150
Кабели с пластмассовой изоляцией								
ВВГ, ПВГ, ПсВГ, ПвВГ, ВВГ-ХЛ	1, 2, 3 / 4	1,5—50	1,5—240 / 1,5—185	—	—	—	—	—
АВВГ, АПВГ, АПсВГ, АПвВГ, АВВГ-ХЛ	1, 2, 3 / 4	2,5—50	2,5—240 / 2,5—185	—	—	—	—	—
АВБбШв, ВБбШв, АПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв, АПвБбШв	2 / 3 / 4	4—50	6—240 / — / 6—185	— / 6—240 / —	—	—	—	—
АВАШв, ВАШв, АПвАШв, ПвАШв	3 / 4	4—50	6—240 / 6—185	6—240 / 6—185	10—140 / —	—	—	—
АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВг, ПсВГ, АПвВГ, ПвВГ, АВБбШв, ВБбШв, АПБбШв, ПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв, АПвБбШв, ПвБбЩв	3	—	—	—	10—240	—		
ВВГ, ПВГ, ПсВГ, ПвВГ, ВВГ-ХЛ, АПВГ, АПсВГ, АПвВГ, АВВГ	5	—	1,5—2,5 / 2,5—3,5	—	—	—	—	—

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
Кабели с полиэтиленовой изоляцией								
ПЭПК, АПвВГ, ПвВГ, АПвАШв, ПвАШв	1	—	—	—	—	—	—	$\frac{70—95}{50—150}$
Кабели силовые шахтные с поливинилхлоридной изоляцией								
ЭВТ	3	—	50—95	—	25	—	—	—
Кабели силовые для взрывоопасных и химически активных сред								
АВБВ	2	2,5—50	—	—	—	—	—	—
	3—4	2,5—120	—	—	—	—	—	—
ВБВ	2	1,5—50	—	—	—	—	—	—
	3—4	1,5—95	—	—	—	—	—	—
Кабели силовые гибкие								
КШВГ-ХЛ, КШВГЭВ-ХЛ	3	—	—	—	10—150	—	—	—
КРПТ, КРПТН, КРПТ-ХЛ	1	2,5—120	—	—	—	—	—	—
	2—3	0,75—120	—	—	—	—	—	—
КРПГ, КРПГ-ХЛ	2 и 3	0,75—70	—	—	—	—	—	—
КРПГН	3	1,5—10	—	—	—	—	—	—
КРПС, КРПС-ХЛ	3	2,5—10	—	—	—	—	—	—
КРПСН, КРПСН-ХЛ	3	2,5—50	—	—	—	—	—	—
КРШК, КРШК-ХЛ	3	95—150	—	—	—	—	—	—
КШВГ-ХЛ, КШВГЭ-хл	3	—	—	—	6—50	—	—	—
Кабели с резиновой изоляцией								
СРГ	1	1—240	—	1,5—500	2,5—500	240—400	—	—
	2 и 3	1—185	—	—	—	—	—	—

Марка	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при напряжении, кВ						
		0,66	1	3	6	10	20	35
АСРГ	1	4—300	—	4—500	4—500	240—400	—	—
	2	4—250	—	—	—	—	—	—
	3	2,5—240	—	—	—	—	—	—
ВРГ, ВРТГ, НРГ, ВРГ-хл	1—3	1—240	—	—	—	—	—	—
АВРГ, АНРГ, АВРТГ	1	4—300	—	—	—	—	—	—
АВРГ-хл	2 и 3	2,5—300	—	—	—	—	—	—
СРБ2лГ, АСРК2лГ	1	—	—	240, 400, 500	—	—	—	—
СРБГ, АСРБГ	1	—	—	—	95, 240 400, 500	—	—	—
СРБ, СРБГ, ВРБн, ВРБ, ВРБГ, НРБ, НРБГ, ВРТБ, ВРТБГ, ВРТБн	2 и 3	2,5—185	—	—	—	—	—	—
АСРБ, АСРБГ, АВРБ, АВРБн	2	4—240	—	—	—	—	—	—
АВРБГ, АНРБ, АНРБГ, АВРТБ, АВРТБГ, АВРТБн	3	2,5—240	—	—	—	—	—	—

*Одна основная и две контрольные жилы сечением 1 мм².

Пример обозначения марок кабелей:

1) ЦАОАБ2лГ — кабель с тремя изолированными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом, каждая из жил в отдельной алюминиевой оболочке с общей броней из стальных лент, с подушкой без наружного покрова.

2) ААБлШв — кабель с алюминиевыми жилами, с бумажной изоляцией, в алюминиевой оболочке, с броней из стальных лент, с подушкой и стальным покровом.

3) АНРБГ — кабель с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, с оболочкой из маслостойкой резины, не распространяющей горение, с броней из стальных лент, без наружного покрова.

4) АПБбШн — кабель с алюминиевыми жилами с полиэтиленовой изоляцией, с броней из стальных лент, с подушкой и наружными покровами.

Таблица 3.9.2. **Кабели, рекомендуемые для прокладки в воздухе**

Область применения	Кабели			
	с бумажной пропитанной изоляцией в металлической оболочке		с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации
Прокладка в помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях и т. п.: а) сухих	ААГ, ААШв	ААБлГ	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ[1], АПВГ[2], АПВсВГ, АПсВГ	АВРБГ, АВБбШв, АПвВБГ[1], АПАШв, АВАШв, АПвБбШв[1], АПвсБбШв, АПсВБГ, АПвсБГ, АПВБГ[1], АНРВБ
б) сырых, частично затапливаемых при наличии среды со слабой коррозионной активностью	ААШв	ААБлГ		
в) сырых, частично затапливаемых при наличии среды со средней и высокой коррозионной активностью	ААШв, АСШв[1]	ААБвГ, ААБ2лШв, ААБлГ[1], АСБлГ[1], АСБ2лГ[1], АСБ2лШв[5]	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ[2], АПВГ[2], АПВсВГ, АПсВГ	АВРБГ, АВБбШв, АПвВБГ[2], АПАШв, АВАШв, АПвБбШв[2], АПвсБбШв, АПсВБГ, АПвсБГ, АПВБГ[2], АНРВБ
Прокладка в пожароопасных помещениях	ААГ, ААШв	ААБвГ, ААБлГ, АСБлГ[1]	АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АПвсВГ, АНРГ, АСРГ[1]	АВБбШв, АПсБбШв, АПвсБГ, АВРБГ, АСРБГ[1]

Область применения	Кабели			
	с бумажной пропитанной изоляцией в металлической оболочке		с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации
Прокладка во взрывоопасных зонах классов: В-I, В-Iа	СБГ, СБШв, ААШв	—	ВВГ[3], ВРГ[3], НРГ[3], СРГ[3]	ВБВ, ВБбШв, ВВБбГ, ВВБГ, НРБГ, СРБГ[1]
В-Iг, В-II	ААШв, ААБл, АСБГ[1]	—	АВВГ, АВРГ, АНРГ	АВВБ, АВБбШв, АВВБбГ, АВВБГ, АВРБГ, АНРБГ, АСРБГ[1]
В-Iб, В-IIа	ААШв, ААГ, АСГ[1], АСШв[1]	ААБлГ, АСБГ[1]	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ[1]	
Прокладка на эстакадах: технологических	ААШв	ААБлГ, ААБвГ[4], ААБ2лШв, АСБлГ[1]	ААШв[6]	АВРБГ, АНРБГ, АПсВБГ, АПвсБГ, АВАШв
специальных кабельных	ААШв, ААБлГ, ААБвГ[4], АСБлГ[1]	—	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АПвсВГ, АПАШв	АВРБГ, АНРБГ, АВАШв, АПсВБГ
по мостам	ААШв	ААБлГ		

Окончание таблицы 3.9.2

Область применения	Кабели			
	с бумажной пропитанной изоляцией в металлической оболочке		с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации
Прокладка в блоках	АСГ, СГ		АВВГ, АПсВГ	АПвВГ, АПВГ

[1] Применяется при согласовании.
[2] Для одиночных КЛ, прокладываемых в помещении.
[3] Для групповых осветительных сетей во взрывоопасных зонах класса В-Iа.
[4] Применяется при наличии химически активной среды.
[5] Кабель марки АСБ2лШв м. б. использован в исключительно редких случаях с особым обоснованием.
[6] Прокладка в коробах или при обеспечении защиты от механических повреждений в эксплуатации.

Таблица 3.9.3. **Марки кабелей, рекомендуемые для прокладки в земле (траншеях)**

Область применения	Кабель прокладывается на трассе	Кабели с бумажной пропитанной изоляцией		Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой
		при эксплуатации кабель не подвергается растягивающим усилиям	при эксплуатации кабель подвергается значительным растягивающим усилиям	при эксплуатации кабель не подвергается растягивающим усилиям
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, АСБ[1]	ААПл, АСПл[1]	ААВГ[2], АПсВг[2], АПвВГ[2], АПВГ[2]
	С блуждающими токами	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ[1]	ААП2л, АСПл[1]	АВВБ, АПВБ, АПсВБ, АППБ, АПвПБ, АПБбШв

Окончание таблицы 3.9.3

Область применения	Кабель прокладывается на трассе	Кабели с бумажной пропитанной изоляцией		Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой
		при эксплуатация кабель не подвергается растягивающим усилиям	при эксплуатации кабель подвергается значительным растягивающим усилиям	при эксплуатации кабель не подвергается растягивающим усилиям
В земле (траншеях) со средней коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2л, АСБ[1], АСБл[1]	ААПл, АСПл[1]	АПвБбШв, АВБбШв АВБбШп, АПсБбШв
	С блуждающими токами	ААШв, ААшп, ААБл, ААБ2л, АСБ1, АСБл1	ААПл, АСПл1	АПАШв, АПАШп, АВАШв, АПсАШв, АВРБ. АНРБ, АВАБл, АПАБл
В земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью	Без блуждающих токо	ААШп, ААШв[3], ААБ2л, Шв, ААБ2лШп, ААБв, АСБЛ[2], АСБ2л	ААП2лШв, АСП2л	—
	С блуждающими токами	ААШп, ААБв, АСБ[1]2л, АСБ2лШв[1]	ААП2лШв, АСП2Л[1]	—

[1] Применяется при условии согласования.

[2] Кабели до 1 кВ включительно.

[3] Подтверждается опытом эксплуатации.

[4] Для прокладки на трассах без ограничения разности уровней.

Примечания: 1. Кабели с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке не следует применять для прокладки на трассах с наличием блуждающих токов в грунтах с высокой коррозионной активностью.

2. Кабели с пропитанной бумажной изоляцией, выпускаемые отечественными заводами после I.IV.1985 г., маркируются буквой У в конце марки, например старое обозначение кабеля ААШв заменяется новым обозначением ААШвУ.

Таблица 3.9.4. **Строительные длины силовых кабелей**

$U_{ном}$, кВ	Сечение жил, мм^3	Нормальная строительная длина, м		
		с бумажной пропитанной изоляцией	с бумажной нестекающей изоляцией	с пластмассовой изоляцией
0,66	До 16	—	—	100
	До 70	—	—	300
	До 500	—	—	200
1 и 3	До 16	—	—	100
	До 70	450	—	300
	95 и 120	400	—	200
	150—240	350	—	200
6 и 10	До 70	450	450	—
	95 и 120	400	400	—
	150—240	350	350	—
20	Все сечения	250	—	—
35	То же	250	250	—

Примечания: 1. В ГОСТ для всех типов кабелей указаны строительные длины маломерных отрезков в зависимости от длины сдаваемой партии кабеля, %.
2. Строительная длина кабелей с резиновой изоляцией для всех напряжений 125 м.

Таблица 3.9.5. **Наибольшая допустимая разность уровней кабелей с бумажной пропитанной изоляцией**

$U_{ном}$, кВ	Пропитка изоляции	Кабели	Разность уровней, м
1 и 3	Вязкая	Небронированные:	
		в алюминиевой оболочке	25
		в свинцовой оболочке	20
		Бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	25
	Обедненная	Небронированные и бронированные:	
		в алюминиевой оболочке	Без ограничения
		в свинцовой оболочке	100
6	Вязкая	Небронированные и бронированные:	
		в алюминиевой оболочке	20
		в свинцовой оболочке	15
	Обедненная	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	Без ограничения

$U_{ном}$, кВ	Пропитка изоляции	Кабели	Разность уровней, м
10	Вязкая	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	15
	Обедненная	То же	Без ограничения
20 и 35	Вязкая	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	15

Таблица 3.9.6. **Электрическое сопротивление изоляции кабеля $R_{из}$**

Кабель	$U_{ном}$, кВ	$R_{из}$, пересчитанное на 1 км длины при 20 °С, МОм
С бумажной пропитанной изоляцией	1 и 3	100
С обедненно-пропитанной изоляцией	6; 10; 20 и 35	200
С бумажной нестекающей изоляцией	6; 10 и 35	200
С изоляцией из ПВХ	0,66 и 1	7(0,005)
	3	12(0,001)
С изоляцией из полиэтилена	6 и 10	50 (0,05)
С резиновой изоляцией	До 6	150(50)
	10—35	200(100)
	0,66	50

Примечание. В скобках указано $R_{из}$, измеренное при длительно допустимой t нагрева жил кабелей при эксплуатации.

Таблица 3.9.7. **Активные и реактивные сопротивления кабелей**

Сечение жилы, мм^2	Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы		Индуктивное сопротивление, Ом/км, кабеля напряжением, кВ			
	алюминиевой	медной	1	6	10	20
10	2,94	1,79	0,073	0,11	0,122	—
16	1,84	1,12	0,068	0,102	0,113	—
25	1,17	0,72	0,066	0,091	0,099	0,135
35	0,84	0,51	0,064	0,087	0,095	0,129
50	0,59	0,36	0,063	0,083	0,09	0,119

Сечение жилы, мм^2	Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы		Индуктивное сопротивление, Ом/км, кабеля напряжением, кВ			
	алюминиевой	медной	1	6	10	20
70	0,42	0,256	0,061	0,08	0,086	0,116
95	0,31	0,19	0,06	0,078	0,083	0,110
120	0,24	0,15	0,06	0,076	0,081	0,107
150	0,2	0,12	0,059	0,074	0,079	0,104
185	0,16	0,1	0,059	0,073	0,077	0,101
240	0,12	0,07	0,058	0,071	0,075	—

Таблица 3.9.8. **Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,0
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Таблица 3.9.9. **Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,30	1,25	1,15
	В трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10

Таблица 3.9.10. **Емкостные токи замыкания на землю в кабельных сетях, А/км**

Сечение жил кабеля, мм²	$U_{раб}$, кВ, сети						
	6,3		6,6		10,5	21	36,75
	$U_{ном}$, кВ, кабелей нормального исполнения						
	6	10	6	10	10	20	35
25	0,47	0,37	0,49	0,39	0,62	1,88	—
35	0,54	0,43	0,57	0,45	0,71	2,1	—
50	0,63	0,49	0,66	0,51	0,81	2,33	—
70	0,73	0,57	0,77	0,59	0,84	2,66	3,5
95	0,85	0,66	0,89	0,69	1,1	2,88	3,9
120	0,95	0,74	1	0,77	1,23	3,55	4,6
150	1,07	0,82	1,12	0,85	1,36	3,9	5
185	1,18	0,9	1,2	0,94	1,5	4,2	—
240	1,31	1	1,37	1,05	1,67	—	—

Таблица 3.9.11. **Сопротивление и зарядная мощность кабелей с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой**

Сечение жилы, мм²	r_0, Ом/км		Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ							
			6		10		20		35	
	Медь	Алюминий	x_0, Ом/км	q_{C0}, квар/км	x_0, Ом/км	q_{C0}, квар/км	x_0, Ом/км	q_{C0}, квар/км	x_0, Ом/км	q_{C0}, квар/км
10	1,84	3,1	0,110	2,3	—	—	—	—	—	—
16	1,15	1,94	0,102	2,6	0,113	5,9	—	—	—	—
25	0,74	1,24	0,091	4,1	0,099	8,6	0,135	24,8	—	—
35	0,52	0,89	0,087	4,6	0,095	10,7	0,129	27,6	—	—
50	0,37	0,62	0,083	5,2	0,09	11,7	0,119	31,8	—	—
70	0,26	0,443	0,080	6,6	0,086	13,5	0,116	35,9	0,137	86
95	0,194	0,326	0,078	8,7	0,083	15,6	0,110	40,0	0,126	95
120	0,153	0,258	0,076	9,5	0,081	16,9	0,107	42,8	0,120	99
150	0,122	0,206	0,074	10,4	0,079	18,3	0,104	47,0	0,116	112
185	0,099	0,167	0,073	11,7	0,077	20,0	0,101	51,0	0,113	115
240	0,077	0,129	0,071	13,0	0,075	21,5	—	—	—	—

Таблица 3.9.12. **Сопротивление и зарядная мощность маслонаполненных кабелей с медными жилами**

Сечение жилы, мм^2	r_0, Ом/км	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ			
		110		220	
		x_0, Ом/км	q_{C0}, Мвар/км	x_0, Ом/км	q_{C0}, Мвар/км
150	0,122	0,200	1,18	0,160	3,60
185	0,099	0,195	1,21	0,155	3,65
240	0,077	0,190	1,25	0,152	3,78
270	0,068	0,185	1,27	0,147	3,85
300	0,061	0,180	1,30	0,145	3,93
350	0,051	0,175	1,33	0,140	4,07
400	0,046	0,170	1,36	0,135	4,20
425	0,042	0,165	1,37	0,132	4,26
500	0,037	0,160	1,42	0,128	4,45
550	0,032	0,155	1,45	0,124	4,60
625	0,029	0,150	1,50	0,120	4,77
700	0,026	0,145	1,55	0,116	4,92
800	0,022	0,140	1,60	0,112	5,03
Значение tgδ берется по данным заводов-изготовителей и находится в пределах 0,003—0,006.					

Таблица 3.9.13. **Расчетные емкости фазы на землю и емкостные токи замыкания на землю для трехжильных кабелей с поясной изоляцией и секторными жилами**

Номинальное сечение жил, мм^2	6 кВ		10 кВ	
	$C_{0л}$, мкФ/км	$I_{C0л}$, А/км	$C_{0л}$, мкФ/км	$I_{C0л}$, А/км
25	0,137	0,447	0,109	0,593
35	0,158	0,516	0,124	0,675
50	0,183	0,597	0,142	0,773
70	0,214	0,699	0,165	0,898
95	0,247	0,806	0,192	1,045
120	0,278	0,908	0,215	1,170
150	0,311	1,015	0,238	1,295
185	0,343	1,114	0,262	1,426
240	0,383	1,250	0,292	1,589

Таблица 3.9.14. **Расчетные емкости фазы на землю и емкостные токи замыкания на землю для одножильных кабелей и трехжильных кабелей с отдельно изолированными свинцом или алюминием жилами**

Номинальное сечение жил, мм^2	6 кВ		10 кВ	
	$C_{0л}$, мкФ/км	$I_{C0л}$, А/км	$C_{0л}$, мкФ/км	$I_{C0л}$, А/км
25	0,32	1,045	0,26	1,415
35	0,37	1,208	0,30	1,632
50	0,43	1,404	0,35	1,904
70	0,49	1,600	0,40	2,177
95	0,56	1,828	0,45	2,449
120	0,62	2,024	0,49	2,666
150	0,67	2,187	0,54	2,938
185	0,74	2,416	0,59	3,210
240	0,83	2,710	0,66	3,591
300	0,92	3,004	0,72	3,918

Таблица 3.9.15. **Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	80	70	—	—	—
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—
300	1000	—	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1520	—	—		—	—
800	1700	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.16. **Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	—	135	120	—
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	—
185	615	545	510	—
240	715	625	585	—

Таблица 3.9.17. **Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	55	45	—	—	—
10	95	75	60	55	—	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	—	375	325	305	340
240	610	—	430	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
625	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.18. **Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, $мм^3$	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	—	—	—	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.19. **Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	—	105	90	—
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	—
185	475	420	390	—
240	550	480	450	—

Таблица 3.9.20. **Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	42	35	—	—	—
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	—
300	555	—	—	—	—	—
400	675	—	—	—	—	—
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.21. **Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

Таблица 3.9.22. **Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

Таблица 3.9.23. **Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	—	—	—
95	240	275	180	—	—	—
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	—	230
185	355	390	265	—	—	—

Таблица 3.9.24. **Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	—	—	—
35	105	110	75	—	—	—
50	125	140	90	—	—	—

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
70	155	175	115	—	—	—
95	185	210	140	—	—	—
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	—	175
185	275	300	205	—	—	—

Таблица 3.9.25. **Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли**

Характеристика земли	Удельное сопротивление, см · К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва влажностью более 1 %	80	1,05
Нормальные почва и песок влажностью 7—9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12—14 %	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7 %, песчано-глинистая почва влажностью 8—12 %	200	0,87
Песок влажностью до 4 %, каменистая почва	300	0,75

Таблица 3.9.26. **Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	85/—	—	—
16	120/—	—	—
25	145/—	105/110	—
35	170/—	125/135	—
50	215/—	155/165	—
70	260/—	185/205	—
95	305/—	220/255	—

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
120	330/—	245/290	240/265
150	360/—	270/330	265/300
185	385/—	290/360	285/335
240	435/—	320/395	315/380
300	460/—	350/425	340/420
400	485/—	370/450	—
500	505/—	—	—
625	525/—	—	—
800	550/—	—	—

*В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица 3.9.27. **Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	65/—	—	—
16	90/—	—	—
25	110/—	80/85	—
35	130/—	95/105	—
50	165/—	120/130	—
70	200/—	140/160	—
95	235/—	170/195	—
120	255/—	190/225	185/205
150	275/—	210/255	205/230
185	295/—	225/275	220/255
240	335/—	245/305	245/290
300	355/—	270/330	260/330
400	375/—	285/350	—
500	390/—	—	—
625	405/—	—	—
800	425/—	—	—

*В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица 3.9.28. **Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)**

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица 3.9.29. **Допустимый длительный ток для кабелей 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами сечением 95 мм^2, прокладываемых в блоках**

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Ток I, А для кабелей	
			медных	алюминиевых
I		1	191	147
II		2	173	133
		3	167	129
III		2	154	119
IV		2	147	113
		3	138	106
V		2	143	110
		3	135	104
		4	131	101
VI		2	140	103
		3	132	102
		4	118	91

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Ток *I*, А для кабелей	
			медных	алюми-ниевых
VII	22/33/33/44/44/33/33/22	2	136	105
		3	132	102
		4	119	92
VIII	23332/3 3/3 3/3 3/23332; 2332/3 3/3 3/3 3/2332; 23332/3 3/3 3/3 3/3 3/3 3/23332; 2332/3 3/3 3/3 3/3 3/3 3/2332; 232/3 3/3 3/3 3/3 3/3 3/232; 232/3 3/3 3/3 3/3 3/232; 2332/3 3/3 3/2332; 232/343/343/232	2	135	104
		3	124	96
		4	104	80
IX	2332/3443/3 3/3 3/3443/2332; 232/343/3 3/3 3/343/232; 2332/3443/3 3/3443/2332; 232/343/343/343/232; 232/343/3 3/343/232; 2332/3443/3443/2332; 232/343/3 3/3 3/3 3/3 3/343/232	2	135	104
		3	118	91
		4	100	77
X	232/343/343/343/343/232	2	133	102
		3	116	90
		4	81	62
XI	2332/3443/3443/3443/3443/2332; 33333/34443/34 43/34443/33333; 23332/34 43/34 43/34 43/23332; 2332/3443/3443/2332; 232/343/343/343/343/343/343/232	2	129	99
		3	114	88
		4	79	55

Таблица 3.9.30. **Поправочный коэффициент *a* на сечение кабеля**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

Таблица 3.9.31. **Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	.29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 3.9.31., как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 3.9.32. **Допустимый длительный ток для переносных шланговых легких и средних шнуров, переносных шланговых тяжелых кабелей, шахтных гибких шланговых, прожекторных кабелей и переносных проводов с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток*, А, для шнуров, проводов и кабелей		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
0,5	—	12	—
0,75	—	16	14
1,0	—	18	16
1,5	—	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

*Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее.

Таблица 3.9.33. **Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах**

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, питающих	
	одно-жильных	много-жильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	—	До 4	1,0	—
	2	5—6	0,85	—
	3—9	7—9	0,75	—
	10—11	10—11	0,7	—
	12—14	12—14	470	—
			0,65	
	15—18	15—18	0,6	—
Однослойно	2—4	2—4	—	0,67
	5	5	—	0,6

Таблица 3.9.34. **Основные расчетные данные трехфазных кабелей с медными жилами**

Напряжение, кВ	Сечение жилы, $мм^2$	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м
		При прокладке в траншее	При прокладке на конструкциях		
6	10	80	55	41	310
	16	105	65	46	370
	25	135	90	47	445
	35	160	110	49	524
	50	200	145	52	600
	70	245	175	59	690
	95	295	215	61	790
	120	340	250	64	865
	150	390	290	66	935
	185	440	325	70	1020
	240	510	375	72	1150
10	16	95	60	38	535
	25	120	85	37	650
	35	150	105	43	730
	50	180	135	44	860
	70	215	165	45	1010
	95	265	200	49	1120
	120	310	240	53	1210
	150	355	270	54	1320
	185	400	305	58	1440
	240	460	350	60	1570

Таблица 3.9.35. **Основные расчетные данные трехфазных кабелей с алюминиевыми жилами**

Напряжение, кВ	Сечение жилы, мм²	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м
		При прокладке в траншее	При прокладке на конструкциях		
6	10	60	42	40	185
	16	80	50	45	220
	25	105	70	50	260
	35	125	85	51	310
	50	155	110	54	360
	70	190	135	59	410
	95	225	165	61	470
	120	260	190	64	510
	150	300	225	67	560
	185	340	250	69	600
	240	390	290	70	680
10	16	75	46	36	400
	25	90	65	39	510
	35	115	80	42	560
	50	140	105	44	660
	70	165	130	44	780
	95	205	155	50	860
	120	240	185	54	930
	150	275	210	56	1010
	185	310	235	57	1100
	240	355	270	58	1250

Таблица 3.9.36. **Допустимый длительный ток для переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для торфопредприятий**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	0,5	3	6
6	44	45	47
10	60	60	65
16	80	80	85
25	100	105	105
35	125	125	130
50	155	155	160
70	190	195	—

*Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

Таблица 3.9.37. **Допустимый длительный ток для шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для передвижных электроприемников**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ	
	3	6		3	6
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

*Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

Таблица 3.9.38. **Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1,3 и 4 кВ**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А
1	20	16	115	120	390
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

Таблица 3.9.39. **Наименьшее расстояние для кабельных сооружений**

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями*:		
для силовых кабелей напряжением:	200	150
до 10 кВ		
20—35 кВ	250	200
110 кВ и выше	300**	250
для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3 × 25 мм^2 напряжением до 1 кВ	100	
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	800—1000	
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ***	Не менее диаметра кабеля	
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи***	Не нормируется	
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

*Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

**При расположении кабелей треугольником 250 мм.

***В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

Таблица 3.9.40. **Наименьшее расстояние от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений**

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
	При параллельном следовании, по горизонтали	
Здания и сооружения с глухими стенами	От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	2
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	2.5.114 ПУЭ
	При пересечении, по вертикали	
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрофицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи:	
	до головки рельса	7,1
	до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	2.5.113 ПУЭ
Воздушная линия связи и радиофикации	То же	1,5

Таблица 3.9.41. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты кабелей марки АСГ на напряжение 1 кВ**

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
2 × 25	100	80	66	55	47	45
2 × 35	115	95	75	65	55	50
2 × 50	130	105	84	75	62	60
2 × 70	155	130	100	90	75	70
2 × 95	180	150	120	100	85	80
2 × 120	200	170	135	115	105	90
2 × 150	225	185	150	130	110	105
3 × 25	115	95	75	60	55	50
3 × 35	135	110	85	75	65	60
3 × 50	155	130	100	90	75	70
3 × 70	180	150	120	100	90	80
3 × 95	205	170	135	120	100	95
3 × 120	230	200	160	140	115	110
3 × 150	250	220	180	150	125	120
3 × 185	280	250	195	170	140	135
3 × 240	325	285	220	190	155	150
3 × 50 + 1 × 25	235	205	160	140	115	110
3 × 70 + 1 × 35	280	230	185	165	135	130
3 × 95 + 1 × 50	335	280	220	190	160	150
3 × 120 + 1 × 50	370	310	250	215	180	170
3 × 150 + 1 × 70	415	340	280	240	195	190
3 × 185 + 1 × 70	450	375	300	255	210	205

Таблица 3.9.42. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты кабелей марки СГ на напряжение 1 кВ**

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
2 × 25	115	95	76	70	57	55
2 × 35	130	110	86	75	65	60
2 × 50	150	120	96	90	72	70
2 × 70	180	150	115	105	90	85
2 × 95	205	170	135	120	100	95
2 × 120	225	190	150	130	115	105
2 × 150	260	215	170	150	130	120
3 × 25	135	110	90	75	65	60
3 × 35	159	125	100	90	75	70

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
3 × 50	180	150	115	105	90	85
3 × 70	210	170	135	120	105	95
3 × 95	265	195	155	140	115	110
3 × 120	285	230	180	165	135	130
3 × 150	305	260	205	180	155	145
3 × 185	340	280	220	200	165	160
3 × 240	375	310	250	225	185	180
3 × 50 + 1 × 25	290	235	185	165	135	130
3 × 70 + 1 × 35	320	265	210	190	155	150
3 × 95 + 1 × 50	385	325	250	225	190	180
3 × 120 + 1 × 50	430	355	280	250	210	200
3 × 150 + 1 × 70	470	385	310	275	230	220
3 × 185 + 1 × 70	510	430	340	300	250	240

Таблица 3.9.43. **Выбор видов электропроводок, способов прокладки проводов и кабелей**

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
	Открытые электропроводки	
Сухие и влажные помещения	На роликах и клицах	Незащищенные одножильные провода
Сухие помещения	То же	Скрученные двужильные провода
Помещения всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)	Незащищенные одножильные провода
Наружные установки	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
Помещения всех видов	То же	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же
Помещения всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
	Скрытые электропроводки.	
Помещения всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Сухие, влажные и сырые помещения	Замоноличенно в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
Открытые и скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке

Таблица 3.9.44. **Выбор видов электропроводок и способов прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности**

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		Провода и кабели
из сгораемых материалов	из несгораемых или трудносгораемых материалов	
Открытые электропроводки		
На роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов[1]	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
Непосредственно	»	Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		Провода и кабели
из сгораемых материалов	из несгораемых или трудносгораемых материалов	
В трубах и коробах из несгораемых материалов	В трубах и коробах из трудносгораемых и несгораемых материалов	Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых материалов
	Скрытые электропроводки	
С подкладкой несгораемых материалов[1] и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
С подкладкой несгораемых материалов[1]	»	Защищенные провода и кабели в оболочке из трудносгораемых материалов
Непосредственно	»	То же из несгораемых
В трубах и коробах из трудносгораемых материалов - с подкладкой под трубы и короба несгораемых материалов[1] и последующим заштукатуриванием[2]	В трубах и коробах: из сгораемых материалов — замоноличенно, в бороздах и т. п., в сплошном слое несгораемых материалов[3]	Незащищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых и несгораемых материалов
То же из несгораемых материалов — непосредственно	То же из трудносгораемых и несгораемых материалов — непосредственно	

[1]Подкладка из несгораемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм.

[2]Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т. п. толщиной не менее 10 мм над трубой.

[3]Сплошным слоем несгораемого материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10 мм.

Таблица 3.9.45. **Характеристики проводов, шнуров и кабелей с медными и алюминиевыми жилами и резиновой или полихлорвиниловой изоляцией**

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Сечение, мм^2
ПРТО-2000	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одно- и многожильный в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи для прокладки в стальных трубах (двух- и трехжильные провода могут иметь нулевую жилу)	2000	Одножильные 1—500. Двух-, трех- и четырехжильные 1—120
АПРТО-2000	То же, с алюминиевыми жилами	2000	Одножильные 2,5—400
ПРТО-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одно- и многожильный в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи для прокладки в стальных трубах	500	То же, что и ПРТО-2000
АПРТО-500	То же, с алюминиевыми жилами	500	То же, что и АПРТО-2000
ПР-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	500	Одножильные 0,75—400
АПР-500	То же, с алюминиевыми жилами	500	Одножильные 2,5—400
ПРГ-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, гибкий, одножильный в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	500	Одножильные 0,75—400
ТПРФ	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в трубчатой металлической оболочке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 1—10
ПРП	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в металлической оплетке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 1—95
ПРД	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (шнуроподобный)	380	0,5—6
АР	Арматурный провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, одножильный (допускается для зарядки светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности)	220	0,5 и 0,75

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Сечение, мм^2
АРД	Арматурный провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (допускается для зарядки светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности)	220	0,5 и 0,75
ПВ	Провод одножильный с медной жилой, с полихлорвиниловой изоляцией (предназначен преимущественно для прокладки на роликах или изоляторах внутри зданий. Допускается прокладка в трубах)	500	0,75—95
ПГВ	То же, гибкий	500	0,75—95
АПВ	То же, с алюминиевыми жилами	500	2,5—95
ППВ	Провод с медными параллельно уложенным жилами, изолированными полихлорвиниловым пластикатом	500	Двух- и трехжильные 0,75—2,5
АППВ	То же, с алюминиевыми жилами	500	Двух- и трехжильные 2,5—4
АПН	Провод с алюминиевыми параллельно уложенными жилами, изолированными найритовой изоляцией	500	Одножильные 2,5—6 Двух- и трехжильные 2,5—4
АТРГ	Провод для тросовых электропроводок внутри и вне помещений, с алюминиевыми жилами и найритовой изоляцией (жилы провода обвиты вокруг стального троса). Не допускается применять во взрывоопасных помещениях и во взрывоопасных наружных установках	500	Трехжильные 4—6 Четырехжильные 4—25
ШР	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный	220	0,5—1,5
КПРТ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией в шланговой оболочке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 2,5—70

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Сечение, мм^2
СРГ, СРБ, СРП, СРБГ, СРПГ, АСРГ, АСРБ, АСРБГ, АСРП, АСРПГ	Кабель с медными жилами, одно-, двух-, трех- и четырехжильный, с резиновой изоляцией, освинцованный, голый (Г), бронированный плоскими стальными лентами (Б) или стальными проволоками (П)	500	Одножильные 1—240, двух-, трех и четырехжильные 4—185
ВРБ, ВРГ, ВРБГ, АВРГ, АВРБГ	То же, в полихлорвиниловой оболочке вместо свинцовой (обозначения, аналогичные обозначениям освинцованных кабелей с резиновой изоляцией)	500	ВРБ и ВРБГ двух- и трехжильные 1—185; ВРГ одножильный 1—240; двух-, трех- и четырехжильные 1—185
НРБ, НРГ, НРБГ, АНРБ, АНРГ, АНРБГ	То же, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке	500	Двух-, трех- и четырехжильные 4—185

Таблица 3.9.46. **Наименьшие сечения токопроводящих жил кабелей и проводов в электропроводах**

Проводники	Сечение, мм^2	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электропремников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной электропроводки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
на изоляторах	1,5	4

Проводники	Сечение, мм^2 медных	Сечение, мм^2 алюминиевых
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах;	2,5	4
вводы от воздушной линии		
под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной электропроводки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели, прокладываемые в замкнутых каналах или замоноличенно (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

Таблица 3.9.47. **Типоразмеры контрольных кабелей**

Марка кабеля	Номинальное сечение жилы, мм^2					
	0,75	1	1,5	2,5	4	6
	Число жил в кабеле					
КРСГ, КРСБ, КРСБГ	—	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37			4, 7, 10	
КРСК	—	10, 14, 19, 27, 37		7, 10, 14, 19, 27, 37	7, 10	
КРВГ, КРВГЭ, КРВБ, КРВГ-ХЛ, КРНБ, КРВБГ, КРВБбГ, КРНГ, КРНБГ, КРНБбГ, КРНБн, КВВБн, КпсВБн, КРВБн	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10	

Марка кабеля	Номинальное сечение жилы, мм^2					
	0,75	1	1,5	2,5	4	6
	Число жил в кабеле					
КВВГ, КВВГЭ, КВВБ, КВВБГ, КВВБбГ, КВВГ-ХЛ, КВБбШв, КПВГ, КПВБ, КПВБсГ, КПВБГ, КПБбШв, КПсВГ, КПсВГЭ, КПсВБГ, КПсВБбГ, КПсБбШв	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10	
КВВГ-П, КПсВГП, КПВГ-П	—			4	—	
АКВВГ-П, АКПсВГ-П, АКПВГ-П, АКВВГ-ХЛ	—			4	—	
КППбШв, КВПбШв, КПсПБбШв	10, 14, 19, 27, 37			7, 10, 14, 19, 27, 37	7, 10	
АКРКГ, АКРБГЭ, АКРВБ, АКРВБГ, АКРВБбГ, АКРВГ-ХЛ, АКРНГ, АКРНБ, АКРНБГ, АКВВГ, АКРНБбГ, АКВВГЭ, АКВВБГ, АКВВБбГ, АКВБбШв, АКПВГ, АКПВБ, АКПВБГ, АКПБбШв, АКПсВГ, АКПСВГЭ, АКПсВБ, АКПсВБГ, КПсВБбГ, АКПсБбШв, АКПВБбГ, АКВВБ	—			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10	

Кабели всех марок могут быть проложены на открытом воздухе при защите от механических повреждений и воздействия прямых солнечных лучей. Кабели, бронированные двумя стальными лентами и имеющие наружный покров (за исключением негорючего), рекомендуется прокладывать в земле (траншеях). Растягивающие усилия недопустимы для кабелей всех марок. Кабели с негорючим наружным покровом рекомендуют для прокладки в шахтах и внутри пожароопасных помещений.

Таблица 3.9.48. **Характеристики муфт**

Марка муфты	Характеристика муфты	Напряжение, кВ
СЭ	Соединительная эпоксидная муфта с корпусом, имеющим поперечный разъем	1, 6, 10
СЭв	То же с корпусом, имеющим продольный разъем в вертикальной плоскости	1, 6, 10
СЭс	Соединительная эпоксидная муфта, отливаемая в съемной пластмассовой или металлической форме	До 1
СЭм	Соединительная муфта эпоксидная малогабаритная с пластмассовым корпусом для кабелей с однопроволочными алюминиевыми жилами	До 1
СЧ	Соединительная чугунная муфта	До 1
СЧм	То же малогабаритная	До 1
ОЧт	Ответвительная чугунная Т-образная муфта для ответвления кабеля под углом 90°	До 1
ОЧу	То же У-образная для ответвления кабелей под углом 30°	До 1
ОЧк	Ответвительная чугунная крестообразная муфта для ответвления двух кабелей	До 1
СС	Соединительная свинцовая муфта с подмоткой из бумажных роликов и рулонов	6—10
ССсл	То же, но с подмоткой из самосклеивающихся лент	6—10
СА	Соединительная алюминиевая муфта с подмоткой из бумажных роликов и рулонов	6—10
САсл	То же, но с подмоткой из самосклеивающихся лент	6—10
СЛО	Соединительная латунная однофазная муфта	20, 35
ССО	Соединительная свинцовая однофазная муфта	20, 35
СтЭО	Стопорная латунная однофазная муфта с эпоксидным стопорным барьером	20,35
КНА	Концевая муфта наружной установки с алюминиевым корпусом	6, 10
КНЧ	То же с чугунным корпусом	6, 10
КНСт	То же со стальным корпусом	6, 10
КМА	Концевая мачтовая муфта наружной установки с алюминиевым корпусом	6, 10
КМЧ	То же с чугунным корпусом	6, 10
КНЭ	Концевая эпоксидная муфта наружной установки	1, 6, 10
3КМЧ, 4КМЧ	Концевые мачтовые муфты с чугунным корпусом для трех- и четырехжильных кабелей	1
КНО	Концевая однофазная муфта наружной установки	20, 35
КНОк	То же с компенсатором	20, 35
КНОЭц	Концевая однофазная муфта наружной установки из эпоксидного циклоалифатического компаунда	20, 35
КВЭО	Концевая муфта внутренней установки эпоксидная однофазная	20, 35
КНОэф	Концевая однофазная муфта для оконцевания в наружных установках кабелей для электрофильтров	35

Марка муфты	Характеристика муфты	Напряжение, кВ
	Для кабелей с пластмассовой изоляцией	
ПСсл	Соединительная муфта из самосклеивающихся лент для кабелей при прокладке в земле или в кабельных сооружениях	1, 3, 6, 10
ПСОсл	Соединительная однофазная муфта из самосклеивающихся лент при прокладке в земле или кабельных сооружениях	10, 35
ПСвсл-Кв-6	Соединительная муфта из самосклеивающихся лент для подводных кабелей с круглой проволочной броней в защитном подводном кожухе	6
ПСвел-Кб-6	То же без защитного кожуха с кольцами для крепления брони	6
ПСОвсл-Кв-35	Соединительная муфта из самосклеивающихся лент для подводных одножильных кабелей с круглой проволочной броней в защитном подводном кожухе	35
ПСОвсл-Кб-35	Соединительная муфта для подводных одножильных кабелей без защитного кожуха с кольцами для крепления брони	35
ПОЭт	Ответвительная эпоксидная муфта Т-образной формы	До 1
3ПКМЧ, 4ПКМЧ	Чугунные концевые мачтовые муфты для оконцевания в наружных установках соответственно трех- и четырехжильных кабелей	До 1
ПКНв, ПКВв	Концевые муфты для подводных кабелей с круглой проволочной броней для применения в наружных установках и внутри помещений	6
ПКНОв	Концевая муфта с металлическим корпусом и фарфоровым изолятором для подводных одножильных кабелей с полиэтиленовой изоляцией и круглой проволочной броней для наружной установки	35
ПКВЭОв	Концевая эпоксидная муфта внутренней установки для подводных одножильных кабелей с круглой проволочной броней	35
ПКНР	Концевая муфта наружной установки из резины (эластомера)	1, 6
ПКНРО	То же однофазная	10, 35
ПСЭЛО	Соединительная эпоксидная муфта с латунным корпусом для соединения одножильных кабелей сечением 1000 и 1500 мм^2 внутри помещений, в земле и кабельных сооружениях	6, 10
ПКНЭО	Концевая эпоксидная муфта наружной установки для оконцевания одножильных кабелей сечением 1000 и 1500 мм^2	6, 10
ПКВО	Концевая муфта внутренней установки с подмоткой из липкой поливинилхлоридной ленты для оконцевания внутри помещения одножильных кабелей сечением 1000 и 1500 мм^2	6, 10

Марка муфты	Характеристика муфты	Напряжение, кВ
СПЧсл	Переходная чугунная муфта с подмоткой из самосклеивающихся лент для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией с кабелями с бумажной изоляцией	До 1
СПСсл	Переходная свинцовая муфта с подмоткой из самосклеивающихся лент для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией с кабелями с бумажной изоляцией	6, 10
СПСо	То же для соединения трехжильного кабеля с бумажной изоляцией с тремя одножильными кабелями с пластмассовой изоляцией	10
СПЛОсл-35	Переходная однофазная латунная муфта с подмоткой из самосклеивающихся лент для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией с кабелями с бумажной изоляцией	35

Таблица 3.9.49. **Типоразмеры силовых кабелей с повышенной температурой нагрева**

Марка кабеля	Число жил	Сечение жил кабелей, мм², при номинальном напряжении, кВ			
		1	6	10	35
ААГУ, ААШвУ, ААШпУ, ААШпсУ	1	10—800	—	—	120—400
АСГУ, АСКлУ, СГУ, СКЛу, СБУ, СБГУ, АСБУ, АСБГУ	1	10—800	—	—	120—400
ЦААШвУ, ЦААШпсУ, ЦАСШвУ, ЦСШвУ	1	—	—	—	120—400
ААГУ, ААШвУ, ААШпУ, ААШпсУ, ААБлУ, ААБ2лУ	3	6—240	10—240	16—240	—
АСГУ, АСБУ, АСБГУ, АСПУ, АСПлУ, АСБлУ, АСКлУ, СГУ, СБУ, СБлУ, СБнУ, СБ2лУ, СБГУ, СПУ, СПлУ, СКлУ	3 и 4*	6—240	10—240	16—240	—
ЦААШвУ, ЦААШпсУ, ЦААБлУ, ЦААБ2лУ, ЦАСПлУ, ЦСБУ, ЦСБГУ, ЦСБлУ, ЦСПлУ, ЦСПнУ, ЦАСБнУ, ЦСПБнУ, ЦАСБГУ, ЦАСБУ	3	—	25—185	25—185	—
АОСБУ, АОСБГУ, АОСКУ, ОСБУ, ОСБГУ, ОСКУ, ЦАОСБУ, ЦАОСБГУ, ЦОСБУ, ЦОСБГУ	3	—	—	—	120—150

*Только на напряжение 1 кВ.

Таблица 3.9.50. **Типоразмеры маслонаполненных кабелей напряжением 110—500 кВ**

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Номинальное сечение жилы кабелей, мм^2	
	низкого давления	высокого давления
110	120, 150, 185, 240(270), 300(350), 400, 500 (550), 625, 800	120, 150, 185, 240 (270), 300, 500(550), 625 (700)
150	240 (270), 300 (350), 400, 500 (550), 625, 800	—
220	300 (350), 400, 500 (550), 625, 800	300, 400, 500(550), 625(700)
330	—	400, 500 (550), 625 (700)
380	—	400, 500 (550), 625 (700)
500	—	(550), 625 (700)

При маркировке кабелей приняты следующие обозначения: М (первая буква) — маслонаполненный. Н, ВД — низкого или высокого давления. С, А, Аг — оболочка свинцовая, алюминиевая или алюминиевая гофрированная. Т, Тк — прокладываемый в трубопроводе. Шв, Шву — шланг из поливинилхлоридного пластика. К — броня из круглых стальных оцинкованных проволок. К марке кабеля, пропитанного синтетическим маслом, добавляется буква С.

Таблица 3.9.51. **Рекомендуемые способы применения маслонаполненных кабелей**

Марки кабелей	Применение
МНАШв, МНС, МНСНв	В каналах зданий и туннелях
МНАШву, МНСНв, МНАгШву, МНСА	В земле, в траншеях, если кабель не подвергается растягивающим усилиям и защищен от механических повреждений
МНСК	Под водой, в болотистой местности, где кабель подвергается растягивающим усилиям и где требуется его дополнительная механическая защита
МВДТ, МВДТк	В стальном трубопроводе с маслом под давлением, прокладываемом в туннелях, в земле под водой

Таблица 3.9.52. **Допустимые длительные токи для кабелей с бумажной изоляцией и повышенной температурой нагрева**

Сечение жилы, мм²	Токовые нагрузки, А (для одножильных кабелей при работе на постоянном токе)													
	Одножильные кабели				Трехжильные кабели								Четырехжильные кабели 1 кВ	
	1 кВ		35 кВ		1 кВ		6 кВ		10 кВ		35 кВ			
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе
Кабели с медными жилами														
6	—	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	140	105	—	—	95	70	85	70	—	60	—	—	95	70
16	175	135	—	—	120	90	115	90	105	80	—	—	120	90
25	235	185	—	—	160	125	145	125	130	110	—	—	160	125
35	285	225	—	—	190	150	175	150	165	135	—	—	190	150
50	360	270	—	—	235	185	220	180	195	165	—	—	235	185
70	440	345	—	—	285	235	270	235	235	210	—	—	285	235
95	520	415	—	—	340	290	325	285	290	255	—	—	340	290
120	595	480	—	360	390	335	375	330	340	295	285	300	390	335
150	675	555	—	410	435	385	430	380	390	335	325	340	435	385
185	755	630	—	470	490	440	480	430	440	385	—	—	490	440
240	880	755	—	560	570	515	560	500	500	455	—	—	570	515
300	1000	870	—	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	1220	1050	—	720	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	1400	1220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
625	1520	1415	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1700	1625	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Кабели с алюминиевыми жилами														
6	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	110	80	—	—	75	55	65	55	—	—	—	—	75	55
16	135	105	—	—	90	70	85	70	80	60	—	—	90	70
25	180	135	—	—	125	95	115	95	100	85	—	—	125	95
35	220	170	—	—	145	115	135	115	125	105	—	—	145	115
50	275	200	—	—	180	140	170	140	155	125	—	—	180	140
70	340	260	—	—	220	175	210	175	180	155	—	—	220	175
95	400	320	—	—	260	215	245	215	225	190	—	—	260	215
120	460	370	245	280	300	250	285	250	265	220	225	235	300	250
150	520	430	275	320	335	295	330	285	300	250	250	265	335	295
180	580	485	310	370	380	335	375	325	340	285	—	—	380	335
240	675	575	360	440	440	395	430	385	390	335	—	—	440	395
300	770	660	405	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Сечение жилы, мм²	Токовые нагрузки, А (для одножильных кабелей при работе на постоянном токе)													
	Одножильные кабели				Трехжильные кабели								Четырехжильные кабели 1 кВ	
	1 кВ		35 кВ		1 кВ		6 кВ		10 кВ		35 кВ			
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе
400	940	795	455	580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	1080	935	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
625	1170	1090	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1310	1260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. При прокладке на воздухе кабели расположены в одной плоскости, зазор (в свету) между кабелями 35—125 мм. Для одножильных кабелей 35 кВ, расположенных вплотную треугольником, допустимая нагрузка уменьшается на 5—7 %.

2. При прокладке в воде допустимая нагрузка, принятая для прокладки в земле, увеличивается на 10 % для трехжильных кабелей 35 кВ и на 30 % для всех остальных кабелей.

Таблица 3.9.53. **Длительно допустимый ток нагрузки проводов и кабелей в зависимости от вида защитного аппарата**

Защитный аппарат	Длительно допустимый ток	
	проводов и кабелей с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией	кабелей с бумажной изоляцией
Предохранители с плавкой вставкой	125 % номинального тока плавкой вставки	100 % номинального тока плавкой вставки
Автоматический выключатель с максимальным мгновенным расцепителем	125 % тока трогания расцепителя	100 % тока трогания расцепителя
Автоматический выключатель с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	100 % тока трогания расцепителя	То же
Автоматический выключатель с регулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	То же	80 % тока трогания расцепителя

Таблица 3.9.54. **Допустимые токи односекундного короткого замыкания, кА, для кабелей с медными и алюминиевыми жилами**

Сечение жил, мм^2	Номинальное напряжение кабеля, кВ					
	1—6		10		20—35	
	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
6	0,77	0,51	0,81	0,53	—	—
10	1,29	0,85	1,35	0,89	—	—
16	2,06	1,36	2,16	1,42	—	—
25	3,21	2,12	3,37	2,23	2,5	1,66
35	4,5	2,97	4,72	3,12	3,51	2,32
50	6,43	4,25	6,74	4,45	5	3,31
70	9	5,94	9,43	6,23	7,01	4,64
95	12,21	8,06	12,8	8,46	9,52	6,29
120	15,42	10,19	16,17	10,69	12,02	7,95
150	19,28	12,73	20,21	13,36	15,62	8,12
185	23,78	15,71	24,93	16,47	18,53	12,3
240	30,84	20,4	32,34	21,37	24,04	15,9
300	—	—	—	—	30,05	19,88

Таблица 3.9.55. **Значения поправочного коэффициента k_1**

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Способ прокладки	Коэффициент предшествующей загрузки кабеля ($I/I_{доп}$)					
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1—6	В воздухе	1,22	1,2	1,17	1,14	1,1	1,05
	В земле	1,26	1,24	1,20	1,16	1,11	1,06
10	В воздухе	1,17	1,15	1,13	1,11	1,07	1,04
	В земле	1,21	1,19	1,16	1,13	1,09	1,05
20—35	В воздухе	1,27	1,24	1,21	1,16	1,12	1,06
	В земле	1,33	1,29	1,25	1,21	1,15	1,08

Таблица 3.9.56. **Минимальное допустимое расстояние от токопроводов (гибких и жестких) и от кабельных эстакад с транзитными кабелями до помещений с взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние, м	
	от токопроводов	от кабельных эстакад
С тяжелыми или сжиженными горючими газами		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	20	9
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	30	9
Резервуары (газгольдеры)	50	20
С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10 или 6 (см. примечание, п. 2)	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	15	9 или 6 (см. примечание, п. 2)
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	25	9
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	25	20
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	25	20

Примечания: 1. Проезд пожарных автомобилей к кабельной эстакаде допускается с одной стороны эстакады.

2. Минимально допустимые расстояния 6 м применяются до зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости со взрывоопасными производствами при соблюдении условий, оговоренных в СНиП по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.

3. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений со взрывоопасными зонами, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных установок.

Таблица 3.9.57. **Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах**

Кабели и провода	Способ прокладки	Сети выше 1 кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1 кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели	Открыто — по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах; скрыто — в земле (траншеях, в блоках	В зонах любого класса		
Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках	Открыто — при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках; на тросах	BIб, B-IIa, B-Iг	BIб, B-IIa, B-Iг	B-Ia, BIб, B-IIa, B-Iг
	В каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом) или засыпанных песком	B-II, B-IIa	B-II, B-IIa	B-II, B-IIa
	Открыто — в коробах	B-Iб, B-Iг	B-Ia, B-Iб, B-Iг	B-Ia, B-Iб, B-Iг
	Открыто и скрыто — в стальных водогазопроводных трубах	В зонах любого класса		
Изолированные провода	То же	То же		
Примечание. Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешаются все перечисленные в таблице способы прокладки проводов и кабелей.				

Таблица 3.9.58. **Наименьшие допускаемые сечения проводов по условию механической прочности**

Характеристика провода и условия прокладки	Наименьшее сечение жилы, мм^2	
	медной	алюминиевой
Изолированные провода внутри и снаружи осветительных арматур:		
внутри здания	0,5	—
вне здания	1,0	—
Шнуры и провода в легком защитном резиновом, полихлорвиниловом шланге для подвесных и настольных ламп и для переносных бытовых токоприемников	0,75	—
То же, в среднем защитном шланге для присоединения подвижных токоприемников в промышленных установках	1,0	—
То же, но в тяжелом шланге	2,5	—
Скрученные двухжильные провода для прокладки на изолирующих опорах, расположенных друг от друга на расстоянии до 1 м	1,0	—
Изолированные провода для прокладки на изолированных опорах, расположенных друг от друга на расстоянии:		
до 1 м	1,0	2,5
до 2 м	1,5	2,5
до 6 м	2,5	4,0
до 12 м	4,0	6,0
свыше 12 м	6,0	16,0
Изолированные провода для прокладки в трубах	1,0	2,5
Неизолированные провода в зданиях	2,5	4,0
Неизолированные, защищенные от коррозии провода в зданиях	1,5	2,5
Изолированные и защищенные от коррозии неизолированные провода в наружных проводках:		
по стенам	2,5	4,0
во всех других случаях	4,0	10,0
Неизолированные провода в наружных проводках	4,0	10,0
Неизолированные провода воздушных линий	6,0	16,0

Таблица 3.9.59. **Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырех одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.60. **Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырех одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырех одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.61. **Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	520
240	605	—	—	—	—

*Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица 3.9.62. **Допустимый длительный ток для неизолированных проводов**

Номинальное сечение, мм^2	Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Ток, А, для проводов марок					
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений	
10	10/1,8	84	53	95	—	60	—
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	50/8	210	165	275	215	219	165
70	70/11	265	210	337	265	268	210
95	95/16	330	260	422	320	341	255

Номинальное сечение, мм^2	Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Ток, А, для проводов марок					
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений	
120	120/19 120/27	390 375	313 —	485	375	395	300
150	150/19 150/24 150/34	450 450 450	365 365 —	570	440	465	355
185	185/24 185/29 185/43	520 510 515	430 425 —	650	500	540	410
240	240/32 240/39 240/56	605 610 610	505 505 —	760	590	685	490
300	300/39 300/48 300/66	710 690 680	600 585 —	880	680	740	570
330	330/27	730	—	—	—	—	—
400	400/22 400/51 400/64	830 825 860	713 705 —	1050	815	895	690
500	500/27 500/64	960 945	830 815	—	980	—	820
600	600/72	1050	920	—	1100	—	955
700	700/86	1180	1040	—	—	—	—

Таблица 3.9.63. **Допустимый длительный ток для неизолированных бронзовых и сталебронзовых проводов**

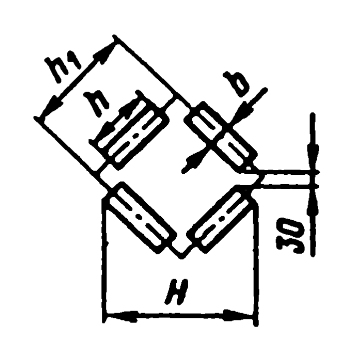
Провод	Марка провода	Ток*, А
Бронзовый	Б-50	215
	Б-70	265
	Б-95	330
	Б-120	380
	Б-150	430
	Б-185	500
	Б-240	600
	Б-300	700
Сталебронзовый	БС-185	515
	БС-240	640
	БС-300	750
	БС-400	890
	БС-500	980

*Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением ρ_{20} = 0,03 Ом · мм²/м.

Таблица 3.9.64. **Допустимый длительный ток для неизолированных стальных проводов**

Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А
ПСО-3	23	ПС-25	60
ПСО-3,5	26	ПС-35	75
ПСО-4	30	ПС-50	90
ПСО-5	35	ПС-70	125
		ПС-95	135

Таблица 3.9.65. **Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата («полный пакет»)**



Размеры, мм				Поперечное сечение четырехполосной шины, мм^2	Ток, А, на пакет шин	
h	*b*	h_1	*H*		медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Таблица 3.9.66. **Активные сопротивления медных и алюминиевых проводов**

Марка провода	Активное сопротивление, Ом/км	Марка провода	Активное сопротивление, Ом/км
М-4	4,65	А-16	1,96
М-6	3,06	А-25	1,27
М-10	1,84	А-35	0,91
М-16	1,20	А-50	0,63
М-25	0,74	А-70	0,45
М-35	0,54	А-95	0,33
М-50	0,39		
М-70	0,28		
М-95	0,20		

Таблица 3.9.67. **Провода АН, АЖ, АНКП, АЖКП**

Номинальное сечение, мм^2	Число проволок × × диаметр, мм/Масса провода, кг/км	Диаметр провода, мм/Строительная длина провода, м	Эл. сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км	Допустимый длительный ток вне помещений, А	Разрывное усилие провода, кН
16	7 × 1,7/43	5,1/4500	2,11/1,95	105/105	4,6/3,5
25	7 × 2,1/68	6,4/4000	1,34/1,24	130/135	6,9/5,1
35	7 × 2,5/94	7,5/4000	0,97/0,9	175/170	9,6/7
50	7 × 3/135	9/3500	0,68/0,62	210/215	13,8/10
70	7 × 3,5/192	10,7/2000	0,47/0,43	265/265	19,7/14,5
95	7 × 4,1/259	12,4/2000	0,35/0,33	330/320	26,6/19,5
120	19 × 2,8/321	14/1500	0,29/0,27	380/375	32,7/24
150	19 × 3,1/406	15,8/1250	0,23/0,21	445/440	41,3/30,3
185	19 × 3,5/502	17,5/1000	0,18/0,17	510/500	51,1/37,5
240	19 × 4/669	20/1000	0,14/0,13	610/590	68,1/49,9
300	37 ×3,2/830	22,4/1000	0,11/0,1	690/680	84,2/62,3
400	37 × 3,7/1104	25,8/1000	0,08/0,08	835/815	112,8/82,7

Таблица 3.9.68. **Провод полый ПМ и ПА**

Марка и сечение, мм^2	Диаметр внутр./наружн., мм	Масса, кг/км	Допустимый длительный ток, А
ПМ-240	23,4/30	2110	950
ПМ-300	28,8/35	2630	1050
ПА-500	37/45	1330	1340
ПА-600	51,5/59	1820	1680

Примечание. Временное сопротивление разрыву проволоки: медной — 380 МПа; алюминиевой — 145 МПа; строительная длина проводов примерно 600 м.

Таблица 3.9.69. **Конструктивные и расчетные данные неизолированных медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов при 20 °С**

Номинальное сечение, мм^2	Медные провода (М)		Алюминиевые провода (А)		Сталеалюминиевые провода (АС)	
	расчетный диаметр, мм	$r_{уд}$, мОм/м	расчетный диаметр, мм	$r_{уд}$, мОм/м	расчетный диаметр, мм	$r_{уд}$, мОм/м
4	2,2	4,52	—	—	—	—
6	2,7	3,05	—	—	—	2,695
10	3,6	1,79	—	—	4,5	1,772
16	5,1	1,13	5,1	1,8	5,6	1,146
25	6,4	0,72	6,4	1,14	6,9	0,773
35	7,5	0,515	7,5	0,83	8,4	0,593
50	9,0	0,361	9,0	0,576	9,6	0,42
70	10,7	0,267	10,7	0,412	11,4	0,314
95	12,6	0,191	12,3	0,308	13,5	0,249
120	14,0	0,154	14,0	0,246	15,5	0,195
150	15,8	0,122	15,8	0,194	16,8	0,159
185	17,6	0,099	17,5	0,157	18,8	

Таблица 3.9.70. **Буквенные обозначения в маркировке проводов**

Назначение в конструкции	Вид материала	Буква
Изоляция	Резина Пластмасса (поливинилхлорид) Пластмасса (самозатухающий полиэтилен) Найрит (негорючая резина)	Р В П Н
Оболочка	Резина Пластмасса (поливинилхлорид) Пластмасса (самозатухающий полиэтилен) Найрит (негорючая резина) Хлопчатобумажная пряжа Стальные оцинкованные проволоки Лавсановый шелк	Р В П Н Т П Л
Гибкие Плоские		Г П

Установочные провода напряжением до 1 кВ имеют в своей маркировке букву П, стоящую на первом месте для проводов с медными жилами и на втором — для проводов с алюминиевыми жилами (А). Например, марка ПР означает: провод с медными жилами в оплетке из хлопчатобумажной ткани; АПР — то же, но с алюминиевыми жилами. АПВ — провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией; ПРГН — провод с медными жилами с резиновой изоляцией, гибкий, в негорючей оболочке.

В соответствии с рекомендациями по экономии меди в промышленных электрических сетях следует применять провода и кабели с алюминиевыми жилами. Провода с медными жилами разрешается применять для вторичных цепей, для силовых и осветительных установок во взрывоопасных помещениях, а также для силовых цепей всех кранов при сечении жилы до 6 мм^2.

Таблица 3.9.71. **Рекомендуемые диаметры труб для проводов различных сечений**

Сечение провода, мм^2	Количество одножильных проводов марок ПР, АПР, ПРГ, ПВ, ПРТО в трубе				Один многожильный провод марок ПРТО, АПРТО в трубе		
	1	2	3	4	двухжильный	трехжильный	четырехжильный
	Минимальные внутренние диаметры труб, мм						
1,5	15	15	15	15	15	15	15
2,5	15	15	21	21	15	21	21
4	15	21	21	21	21	21	21
6	15	21	21	21	21	21	21
10	15	27	27	27	27	27	27
16	15	27	27	41	27	41	41
25	21	41	41	41	41	41	41
35	21	41	41	41	41	41	41
50	27	41	41	53	53	53	53
70	27	53	53	68	53	53	68
95	36	53	68	68	68	68	68
120	36	68	68	80	68	68	80

Таблица 3.9.72. **Минимально допустимое сечение проводов ВЛ по условиям механической прочности**

Характеристика ВЛ	Сечение проводов, мм², марки		
	А, АКП, АН	АС, АСК, АСКС, АСКП, АЖ	ПС
ВЛ без пересечений в районах с толщиной стенки гололеда, мм:			
до 10	35	25	25
15 и более	50	35	25
Переходы ВЛ через судоходные реки и каналы в районах с толщиной стенки гололеда, мм:			
до 10	70	25	25
15 и более	70	35	25
Пролеты пересечений ВЛ с инженерными сооружениями при любой толщине стенки гололеда:			
с линиями связи	70	35	25
с надземными трубопроводами и канатными дорогами	70	35	Не допускается
В пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами при толщине стенки гололеда, мм:			
до 10	—	35	То же
15 и более	—	50	»

Таблица 3.9.73. **Индуктивные сопротивления воздушных линий с медными и алюминиевыми проводами**

Среднее геометрическое расстояние между проводами, мм	Сечение провода, мм²								
	4	6	10	16	25	35	50	70	95
	Индуктивные сопротивления, Ом/км								
400	0,385	0,371	0,355	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274
600	0,411	0,397	0,381	0,358	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300
800	0,429	0,415	0,399	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318
1000	—	0,429	0,413	0,391	0,377	0,366	0,355	0,341	0,332

Таблица 3.9.74. **Активные и индуктивные сопротивления стальных проводов**

Ток, А	Сопротивления, Ом/км, для проводов марок							
	ПСО-4		ПСО-5		ПСО-6		ПМС-25, ПС-25	
	r_0	x_0	r_0	x_0	r_0	x_0	r_0	x_0
0,5	11,5	0,69	—	—	—	—	—	—
1,0	11,8	1,54	—	—	—	—	5,25	0,54
1,5	12,3	2,82	7,9	2,13	—	—	5,26	0,55
2,0	12,5	4,38	8,35	3,58	7,2	3,95	5,27	0,55
3,0	13,4	7,90	9,5	6,45	7,7	5,53	5,28	0,56
4,0	14,3	9,7	10,8	8,1	8,85	7,2	5,30	0,59
5,0	15,5	11,5	12,3	9,7	10,1	8,4	5,32	0,63
6,0	16,5	12,5	13,8	11,2	10,7	9,15	5,35	0,67
7,0	17,3	13,2	15,0	12,3	11,1	9,55	5,37	0,70
8,0	18,0	14,2	15,4	13,3	11,3	9,85	5,4	0,77
9,0	18,1	14,3	15,2	13,1	11,4	9,9	5,45	0,84
10,0	18,1	14,3	14,6	12,4	11,5	10,3	5,50	0,93
15,0	17,3	13,3	13,6	11,4	11,3	10,0	5,97	1,33
20,0	—	—	12,7	10,5	11,0	9,7	6,70	1,63
25,0	—	—	—	—	10,7	9,2	6,97	1,91

Таблица 3.9.75. **Потери напряжения в трехфазной воздушной линии напряжением 380 В при передаче 1 кВт на 1 км в %**

Сечение провода, мм^2	Значение cos φ					
	1,0	0,98	0,95	0,9	0,85	0,8
	Алюминиевые провода					
16	1,35	1,40	1,43	1,47	1,50	1,53
25	0,880	0,930	0,960	0,995	1,03	1,06
35	0,630	0,680	0,710	0,747	0,780	0,810
50	0,435	0,485	0,515	0,553	0,585	0,617
70	0,310	0,360	0,390	0,428	0,460	0,492
95	0,230	0,280	0,310	0,347	0,380	0,410
	Медные провода					
6	2,12	2,17	2,20	2,24	2,27	2,30
10	1,27	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45
16	0,830	0,880	0,910	0,948	0,980	1,01
25	0,512	0,560	0,592	0,630	0,662	0,693
35	0,373	0,442	0,453	0,490	0,523	0,555
50	0,270	0,320	0,350	0,387	0.420	0,450

Таблица 3.9.76. **Минимальное допустимое сечение сталеалюминиевых проводов ВЛ по условиям механической прочности**

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм^2
ВЛ без пересечений, переходы	
ВЛ через судоходные реки и каналы, пролеты пересечений	
ВЛ с инженерными сооружениями (линиями связи, надземными трубопроводами и канатными дорогами), железными дорогами и другими инженерными сооружениями при толщине стенки гололеда, мм:	
до 10 мм	35
15 и 20 мм	50
более 20	70

Минимальные допустимые сечения проводов:

алюминиевых . . . . 240 мм^2

проводов из алюминиевого сплава АЖ . . . . 120 мм^2

Таблица 3.9.77. **Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны, мм**

Напряжение ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночными	расщепленными
110	11,4 (АС 70/11)	—
150	15,2 (АС 120/19)	—
220	21,6 (АС 240/39)	—
330	33,2 (АС 600/72)	3 ×17,1 (3 × АС 150/24)
		2 × 21,6 (2 × АС 240/39)
500	—	3 × 24,5 (3 × АС 300/66)
		2 × 36,2 (2 × АС 700/86)

Таблица 3.9.78. **Средние значения емкости фазы относительно земли для воздушных линий 6—10 кВ**

Воздушные линии	Емкость фазы, мкФ/км, для ВЛ	
	6 кВ	10 кВ
Одноцепная ЛЭП без троса	0,013	0,0256
Одноцепная ЛЭП с тросом	—	0,032
Двухцепная ЛЭП без троса	0,017	0,035

Таблица 3.9.79. **Минимальные сечения и диаметры проводников по условиям короны**

Номинальное напряжение, кВ	Количество проводников в фазе, шт.	Диаметр проводника, мм	Сечение сталеалюминиевого проводника, мм^2
110	1	11,4	70/11
150	1	15,2	120/19
220	1	21,6	240/39
330	2	21,6	240/39
	3	17,1	150/24
500	3	24,0	300/39, 300/66
750	4	29,1	400/93
	5	22,4	240/56

Таблица 3.9.80. **Экономические токовые интервалы для выбора сечений проводников ВЛ Сибири**

ВЛ 110 кВ							
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2					
		70	95	120	150	185	240
Железобетон	I	До 40 / До 70	— / 71—85	41—135 / 86—175	136—170 / 176—180	171—210 / —	211—385* / 181—305
	II	—	— / До 70	До 155 / 71—145	116—175 / 146—180	176—185 / —	186—385* / 181—305
	III	—	—	До 95 / До 140	— / 141—155	96—210 / 156—160	211—385* / 161—305
	IV	—	—	— / До 140	До 175 / 141—150	176—205 / 151—165	206—385* / 166—305

Продолжение табл. 3.9.80

ВЛ 110 кВ							
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2					
		70	95	120	150	185	240
Сталь	I	—	До 120 / 56—115	—	121—180 / 116—215	181—230 / —	231—385* / 216—305
	II	—	До 75 / До 85	—	76—180 / 86—200	—	181—385* / 201—305
	III	—	— / До 35	— / 36—40	До 130 / 41—165	131—140 / —	141—385* / 166—305
	IV	—	До 35 / До 50	— / 51—60	36—80 / —	81—185 / 61—200	186—385* / 201—305

Продолжение таблицы 3.9.80

ВЛ 220 и 500 кВ								
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2						
		240	300	400	500	3×300	3 × 400	3 × 500
Железобетон	I	До 240 / До270	241—370 / 271—330	371—450 / 331—415	451—800* / 416—480	До 930	931—1615	1616—2090
	II	До 240 / До 270	241—370 / 271—330	371—450 / 331—415	451—800* / 416—480	До 930	931—1615	1616—2090
	III	До 265 / До 190	266—340 / 191—330	341—445 / 331—415	446—800* / 416—480	До 930	931—1615	1616—2090
	IV	До 280 / До 190	281—430* / 191—345	431—510 / 346—400	511—800* / 401—480	До 945	946—1615	1646—2090

ВЛ 220 и 500 кВ								
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, $мм^2$						
		240	300	400	500	3×300	3 × 400	3 × 500
Сталь	I	До 210 / До 205	211—370* / 206—345	371—485* / 346—415	486—800* / 416—480	До 1180	1181—1565	1566—2090
	II	До 210 / До 205	211—350* / 206—345	351—485* / 346—415	486—800* / 416—480	До 1180	1181—1565	1566—2090
	III	До 210 / До 205	211—300* / 206—330	301—435 / 331—400	436—800* / 401—480	До 1180	1181—1600	1601—2090
	IV	До 210 / До 205	211—300* / 206—320	301—380* / 321—415	381—800* / 416—480	До 1180	1181—1540	1541—2090

*Верхняя граница токового интервала двухцепной ВЛ соответствует допустимому току при условии отключения одной цепи.

Примечание. Продолжительность использования максимальной нагрузки $T_м$ принималась: для ВЛ 110—330 кВ $T_м$ = 5000 ч, 500—750 кВ $T_м$ = 6000 ч.

Таблица 3.9.81. **Экономические токовые интервалы для выбора сечений проводников ВЛ европейской части страны и Дальнего Востока**

ВЛ 110 кВ							
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, $мм^2$					
		70	95	120	150	185	240
Железобетон	I	До 30 / До 50	— / 51—65	31—100 / 66—125	101—135 / 126—180	136—150 / —	151—285 / 181—255
	II	—	— / До 55	До 85 / 56—105	86—130 / 106—135	131—135 / —	136—285 / 136—255
	III	—	—	До 65 / До 100	66—70 / 101—115	71—155 / 116—120	156—285 / 121—255
	IV	—	—	— / До 100	До 125 / 101—110	126—150 / 111—120	151—285 / 121—255

Продолжение табл. 3.9.81

ВЛ 110 кВ							
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2					
		70	95	120	150	185	240
Сталь	I	—/До 35	До 90/36—85	—	91—150/86—155	—	151—285/156—255
	II	—	До 60/До 60	—	61—130/61—145	—	131—285/146—255
	III	—	—/До 20	—/21—35	До 95/36—120	96—105/—	106—285/121—255
	IV	—	До 20/До 35	—/36—45	21—55/—	56—135/46—145	136—285/146—255

Продолжение таблицы 3.9.81

ВЛ 220 и 330 кВ								
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2						
		ВЛ 220 кВ				ВЛ 330 кВ		
		240	300	400	500	2 × 300	2 × 400	2 × 500
Железобетон	I	До 165/До 205	166—240/206—220	241—310/221—285	311—700*/286—480	До 425	426—550	551—870
	II	До 165/До 205	166—240/206—220	241—310/221—285	311—700*/286—480	До 425	426—550	551—870
	III	До 175/—	176—225/До 215	226—305/216—285	306—700*/286—480	До 390	391—555	556—870
	IV	До 190/До 125	191—280/126—260	281—360/261—280	361—700*/281—480	До 270	271—600	601—870

ВЛ 220 и 330 кВ								
Материал опор	Район по гололеду (ПУЭ)	Нагрузка на одну цепь, А (одноцепная/двухцепная), при сечении проводов, мм^2						
		ВЛ 220 кВ				ВЛ 330 кВ		
		240	300	400	500	2 × 300	2 × 400	2 × 500
Сталь	I	До 135 / До 135	136—240 / 136—275	241—340 / 276—305	341—700* / 306—480	До 575	—	576—870
	II	До 135 / До 140	136—225 / 141—260	226—340 / 261—305	341—700* / 306—480	До 515	516—545	546—870
	III	До 145 / До 135	146—190 / 136—230	191—295 / 321—315	296—700* / 316—480	206—465	466—510	511—870
	IV	До 135 / До 140	136—190 / 141—195	191—265 / 196—325	266—700* / 326—480	До 380	381—540	541—870

*Верхняя граница токового интервала двухцепной ВЛ соответствует допустимому току при условии отключения одной цепи.

Примечание. Продолжительность использования максимальной нагрузки $T_м$ принималась: для ВЛ 110—330 кВ $T_м$ = 5000 ч, 500—750 кВ $T_м$ = 6000 ч.

Таблица 3.9.82. **Сопротивления и проводимости ВЛ с нерасщепленными проводами**

r_{020}, Ом/км, при 20 °С	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ					
	35		110		220	
	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км	x_0, Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км
0,773	0,438	2,59	—	—	—	—
0,592	0,429	2,65	—	—	—	—
0,420	0,418	2,72	0,441	2,57	—	—
0,299	0,408	2,79	0,430	2,64	—	—
0,314	0,408	2,79	0,430	2,64	—	—
0,245	0,400	2,85	0,423	2,69	—	—
0,194	0,393	2,90	0,415	2,74	—	—
0,159	—	—	0,409	2,78	—	—
0,140	—	—	0,406	2,80	—	—
0,118	—	—	0,401	2,84	0,430	2,64
0,096	—	—	—	—	0,424	2,68
0,073	—	—	—	—	0,415	2,74
0,067	—	—	—	—	0,412	2,76

Таблица 3.9.83. **Сопротивления и проводимости ВЛ с расщепленными проводами (на фазу)**

Сечение провода, мм²	Число проводников в фазе	r_{020}, Ом/км, при 20 °С	$U_{ном}$ = 330 кВ	
			x_0, Ом/км	$b \cdot 10^{-6}$, См/км
240/32	2	0,059	0,329	3,41
300/39	2	0,048	0,326	3,44
330/43	3	0,029	—	—
400/51	2	0,036	0,321	3,49
	3	0,024	—	—
	4	0,018	—	—

Таблица 3.9.84. **Наименьшее расстояние между фазами ВЛ на опоре**

Расчетное условие	Наименьшее расстояние между фазами, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения	20	45	50	135	175	250	310	400
Внутренние перенапряжения	22	33	44	100	140	200	280	420
Рабочее напряжение	—	15	20	45	60	95	140	200

Таблица 3.9.85. **Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ**

Удельное эквивалентное сопротивление земли ρ, Ом · м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3}\rho$

Таблица 3.9.86. **Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности**

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
Ненаселенная местность	6	6,5	7	7,5	8
Труднодоступная местность	5	5,5	6	6,5	7
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т. п.	3	3,5	4	4,5	5
Районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустынь	6	6	6,5	6,5	7

Таблица 3.9.87. **Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли, зданий и сооружений на населенной местности**

Условия работы ВЛ	Участок, сооружение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
		до 35	110	150	220	330	500
Нормальный режим	До поверхности земли	7	7	7,5	8	8	8
	До зданий или сооружений	3	4	4	5	6	—
Обрыв провода в соседнем пролете	До поверхности земли	4,5	4,5	5	5,5	6	—

Таблица 3.9.88. **Наименьшее расстояние между проводами или между проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств**

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
При пересечении ВЛ 500—330 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 200	5	5	5	5,5	—	—
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
При пересечении ВЛ 220—150 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 220	4	4	4	4	—	—
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
При пересечении ВЛ 110—20 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 220	3	3	3	4	—	—
300	3	3	4	4,5	4	—
При пересечении ВЛ 10 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 100	2	2	—	—	—	—
150	2	2,5	2,5	—	—	—

Таблица 3.9.89. **Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ**

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	до 20	35	110	150	220	330	500
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*						
Участки стесненной трассы и подходы к подстанциям:							
между крайними проводами в неотклоненном положении	2,5	4	5	6	7	10	15
от отклоненных проводов одной ВЛ до опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10

*При сближении ВЛ 500 кВ между собой и с ВЛ более низких напряжений — высота наиболее высокой опоры, но не менее 50 м.

Таблица 3.9.90. **Наименьшее расстояние от ВЛ до антенных сооружений**

Антенные сооружения	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 110	150—500
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	100	100
Коротковолновые передающие антенны в направлении наибольшего излучения	200	300
То же в остальных направлениях	50	50
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150	200

Таблица 3.9.91. **Наименьшее расстояние от ВЛ до границ приемных радиоцентров, выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов**

Радиоустройства	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	6—35	110—220	330—500
Магистральные, областные и районные радиоцентры	500	1000	2000
Выделенные приемные пункты радиофикации	400	700	1000
Местные радиоузлы	200	300	400

Таблица 3.9.92. **Открытые наземные склады хранения горючих материалов и веществ, готовой продукции и оборудования**

Склады	Вместимость, площадь
Каменного угля, торфа, грубых кормов (сена, соломы), льна, конопли, хлопка, зерна	Более 1000 т
Лесоматериалов, дров, щепы, опилок	Более 1000 м^3
Горючих жидкостей	Более 3000 м^3
Готовой продукции и оборудования в сгораемой упаковке	Более 1 га

Таблица 3.9.93. **Наименьшее расстояние от оси ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до границ открытых наземных складов, перечисленных в табл. 3.9.92**

Высота подвеса верхнего провода ВЛ от уровня земли, м	Наименьшее расстояние, м, при расчетной скорости ветра, м/с (районе по ветру)						
	16 (I)	18 (II)	21 (III)	24 (IV)	27 (V)	30 (VI)	33 (VII)
До 7	17	19	27	31	36	41	46
7,5	18	20	31	33	38	43	48
8	19	21	35	35	40	45	50
9	20,5	23	37	37	43	49	53
10	22	24	40	40	46	53	57

Таблица 3.9.94. **Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35—110	150	220	330	500
	При пересечении					
Для неэлектрифицированных железных дорог от провода до головки рельса в нормальном режиме ВЛ по вертикали:						
железных дорог широкой колеи общего и необщего пользования[1] и узкой колеи общего пользования	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6	6,5	7,0	7,5	8	8,5

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35—110	150	220	330	500
От провода до головки рельса при обрыве провода ВЛ в смежном пролете по вертикали:						
железных дорог широкой колеи	6	6	6,5	6,5	7	—
железных дорог узкой колеи	4,5	4,5	5	5	5,5	—
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог от проводов ВЛ до наивысшего провода или несущего троса в нормальном режиме по вертикали	Как при пересечении ВЛ между собой в соответствии с табл. 3.9.87					
То же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	1	2	2	2,5	3,5
	При сближении					
Для неэлектрифицированных железных дорог на участках стесненной трассы от отклоненного провода ВЛ до габарита приближения строений по горизонтали	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог на стесненных участках трасс от крайнего провода, подвешенного с полевой стороны опоры контактной сети по горизонтали	Как при сближении ВЛ между собой в соответствии с табл. 3.89.83					
То же, но при отсутствии проводов с полевой стороны опор контактной сети	Как при сближении ВЛ с сооружениями в соответствии с 2.5.114 (ПУЭ)					

[1]Железные дороги в зависимости от их назначения разделяются на:

железные дороги общего пользования, служащие для перевозки пассажиров и грузов по установленным для всех тарифам;

железные дороги необщего пользования, связанные непрерывной рельсовой колеей с общей сетью железных дорог и служащие только для хозяйственно-производственных перевозок учреждений, предприятий и организаций, которым эти подъездные пути подчинены.

Таблица 3.9.95. **Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35—110	150	220	330	500
Расстояние по вертикали:						
а) от провода до полотна дороги:						
в нормальном режиме ВЛ	7	7	7,5	8	8,5	9
при обрыве провода в соседнем пролете	5	5	5,5	5,5	6	—
б) от провода до транспортных средств в нормальном режиме ВЛ	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Расстояния по горизонтали:						
а) от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечении	Высота опоры					
б) то же, но при параллельном следовании	Высота опоры плюс 5 м					
в) то же, но на участках стесненной трассы от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета:						
при пересечении дорог категорий I и II	5	5	5	5	10	10
при пересечении дорог остальных категорий	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5
г) при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки земляного полотна дороги	2	4	5	6	8	10

Таблица 3.9.96. **Наименьшее допустимое расстояние между проводами ВЛ с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов**

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние между проводами, м, при стрелах провеса, м						
	3	4	5	6	8	12	16
35	2,5	2,5	2,75	2,75	3,0	3,25	3,75
110	3,0	3,25	3,5	3,5	3,75	4,0	4,5
150	3,5	3,5	2,75	3,75	4,0	4,5	4,75
220	—	—	4,25	4,5	4,75	5,0	5,5
330	—	—	—	5,5	5,75	6,0	6,5
500	—	—	—	7,0	7,25	7,5	8,0

Таблица 3.9.97. **Наименьшее расстояние между тросом и проводом в середине пролета**

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м	Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0	700	11,5
150	3,2	800	13,0
200	4,0	900	14,5
300	5,5	1000	16,0
400	7,0	1200	18,0
500	8,5	1500	21,0
600	10,0		

Таблица 3.9.98. **Наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих до заземленных частей ВЛ**

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения для изоляторов:								
штыревых	15	25	35	—	—	—	—	—
подвесных	20	35	40	100	130	180	260	320
Внутренние перенапряжения	10	15	30	80	110	160	215	300
Рабочее напряжение	—	7	10	25	35	55	80	115
Обеспечение безопасного подъема на опору	—	—	150	150	200	250	350	450

Таблица 3.9.99. **Наименьшее сечение или диаметр проводов ответвлений от ВЛ к вводам**

Провода	Наименьшее сечение или диаметр провода в пролете	
	до 10 м	более 10 до 25 м
Медные, самонесущие (АВТ-1, АВТ-2 и др.)	4 мм^2	6 мм^2
Стальные, биметаллические	3 мм	4 мм
Из алюминия и его сплавов	16 мм^2	16 мм^2

Таблица 3.9.100. **Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли**

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5
II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Таблица 3.9.101. **Поправочный коэффициент на возрастание скоростных напоров ветра по высоте**

Высота, м	Коэффициент	Высота, м	Коэффициент
До 15	1,0	100	2,1
20	1,25	200	2,6
40	1,55	350 и выше	3,1
60	1,75		
Примечание. Для промежуточных высот значения поправочных коэффициентов определяются по линейной интерполяции.			

Требования к грозозащитным тросам (ПУЭ)

В качестве грозозащитных тросов следует использовать стальные канаты сечением не менее 35 мм^2 из проволок с пределом прочности не менее 120 даН/мм^2. На особо ответственных переходах и в зонах химического воздействия, а также при использовании грозозащитного троса для высокочастотной связи и в случаях, когда это необходимо по условиям термической стойкости, в качестве грозозащитного троса следует применять сталеалюминиевые провода общего применения специальные.

В пролетах пересечений с надземными трубопроводами и канатными дорогами допускается применение стальных грозозащитных тросов.

В пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами в качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты с пре-

делом прочности не менее 120 даН/мм^2 сечением не менее 35 мм^2 в I и II районах по гололеду и не менее 50 мм^2 в остальных районах по гололеду.

Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах рекомендуется при прочих равных условиях применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок.

Для сталеалюминиевых проводов рекомендуются следующие области применения:

1. В районах с толщиной стенки гололеда до 20 мм: при сечениях до 185 мм^2 — с отношением А: С = 6,0÷6,25, при сечениях 240 мм^2 и более — с отношением А: С = 7,71÷8,04.

2. В районах с толщиной стенки гололеда более 20 мм: при сечениях до 95 мм^2 — с отношением А: С = 6,0, при сечениях 120—400 мм^2 — с отношением А: С = 4,29÷4,39, при сечениях 450 мм^2 и более — с отношением А: С = 7,71÷8,04.

3. На больших переходах с пролетами более 800 м — с отношением А: С = 1,46.

Выбор других марок проводов обосновывается технико-экономическими расчетами.

4. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение сталеалюминиевых проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилежащие к ним районы с атмосферой воздуха типов II и III), а также в местах, где такое разрушение ожидается на основании данных изысканий, следует применять сталеалюминиевые провода марок АСКС, АСКП, АСК в соответствии с ГОСТ 839—80, а алюминиевые провода — марки АКП.

На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширину прибрежной полосы, к которой относится указанное требование, следует принимать равной 5 км, а полосы от химических предприятий — 1,5 км.

Сечение грозозащитного троса, выбранное по механическому расчету, должно быть проверено на термическую стойкость. На участках с изолированным креплением троса проверка на термическую стойкость не производится.

Таблица 3.9.102. **Токи плавления и предупреждения образования гололеда**

Марка и сечение провода, мм^2	Токи плавления гололеда, А, при продолжительности плавления, мин					Ток, предупреждающий образование гололеда, А
	30	40	60	80	100	
А25	205	187	168	158	151	—
А35	255	232	208	194	186	—
А50	312	284	252	234	222	—
А70	387	350	310	287	267	—
А95	472	428	372	344	332	—
АС35/6,2	262	238	216	199	190	—
АС50/8	330	300	267	249	237	160
АС70/11	407	370	328	306	291	205
АС95/16	510	472	398	370	352	244
АС120/19	565	509	450	417	396	275
АС150/24	657	596	525	485	462	325
АС185/29	747	675	597	553	524	375
АС240/39	863	780	690	600	606	440
АС300/39	890	800	710	666	630	490
АС400/51	1045	950	854	798	750	600
АС500/64	1125	1060	970	920	875	680

Таблица 3.9.103. **Выпрямительные установки ВУКН для плавки гололеда постоянным током на ВЛ**

Типоразмер	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$ питающей сети, кВ	Габариты, м	Масса, т
ВУКН-1200-8000У1	9,6	6	3,86 × 2,65 × 2,7	3,4
ВУКН-1200-14000У1	16,8	10	3,86 × 2,65 × 2,7	3,4
ВУКН-1600-14000У1	22,4	10	4,16 × 2,65 × 2,7	3,6

Примечание. В обозначении типоразмера: первое число — $I_{ном}$, А; второе — $U_{ном}$ установки, В.

Таблица 3.9.104. **Трос грозозащитный**

Диаметр троса, мм	Сечение, $мм^2$	Число × диаметр проволок, мм	Прочность на разрыв, кН	Масса, кг/км
7,6	33,8	1 × 1,6 + 18 × 1,5	42,5	291
8,1	38,5	1 × 1,7 + 18 × 1,6	48,4	330
8,6	43,3	1 × 1,8 + 18 × 1,7	54,6	373
9,1	48,6	1 × 1,9 + 18 × 1,8	61,2	418
10	60	1 × 2,1 + 18 × 2	76,6	515
11	72,6	1 × 2,3 + 18 × 2,2	78,3	623
12	86,3	1 × 2,5 + 18 × 2,4	93,1	741
13	102	1 × 2,8 + 18 × 2,6	109,1	873
14	118	1 × 3 + 18 × 2,8	126,5	1015
15	135,3	1 × 3,2 + 18 × 3	145,5	1160
16	154	1 × 3,4 + 18 × 3,2	172,5	1320

Примечание. Предел прочности стальной проволоки ∅ 2 мм не менее 1200 МПа, для проволоки ∅1,5—2 мм — не менее 1400 МПа.

Таблица 3.9.105. **Допустимый длительный ток для шин круглого и трубчатого сечений**

Диаметр, мм	Круглые шины		Медные трубы		Алюминиевые трубы		Стальные трубы				
	Ток*, А		Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Условный проход, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Переменный ток, А	
	медные	алюминиевые								без разреза	с продольным разрезом
6	155/155	120/120	12/15	340	13/16	295	8	2,8	13,5	75	—
7	195/195	150/150	14/18	460	17/20	345	10	2,8	17,0	90	—
8	235/235	180/180	16/20	505	18/22	425	15	3,2	21,3	118	—
10	320/320	245/245	18/22	555	27/30	500	20	3,2	26,8	145	—

Диаметр, мм	Круглые шины. Ток*, А: медные	Круглые шины. Ток*, А: алюминиевые	Медные трубы: Внутренний и наружный диаметры, мм	Медные трубы: Ток, А	Алюминиевые трубы: Внутренний и наружный диаметры, мм	Алюминиевые трубы: Ток, А	Стальные трубы: Условный проход, мм	Стальные трубы: Толщина стенки, мм	Стальные трубы: Наружный диаметр, мм	Стальные трубы: Переменный ток, А: без разреза	Стальные трубы: Переменный ток, А: с продольным разрезом
12	415/415	320/320	20/24	600	26/30	575	25	4,0	33,5	180	—
14	505/505	390/390	22/26	650	25/30	640	32	4,0	42,3	220	—
15	565/565	435/435	25/30	830	36/40	765	40	4,0	48,0	255	—
16	610/615	475/475	29/34	925	35/40	850	50	4,5	60,0	320	—
18	720/725	560/560	35/40	1100	40/45	935	65	4,5	75,5	390	—
19	780/785	605/610	40/45	1200	45/50	1040	80	4,5	88,5	455	—
20	835/840	650/655	45/50	1330	50/55	1150	100	5,0	114	670	770
21	900/905	695/700	49/55	1580	54/60	1340	125	5,5	140	800	890
22	955/965	740/745	53/60	1860	64/70	1545	150	5,5	165	900	1000
25	1140/1165	885/900	62/70	2295	74/80	1770	—	—	—	—	—
27	1270/1290	980/1000	72/80	2610	72/80	2035	—	—	—	—	—
28	1325/1360	1025/1050	75/85	3070	75/85	2400	—	—	—	—	—
30	1450/1490	1120/1155	90/95	2460	90/95	1925	—	—	—	—	—
35	1770/1865	1370/1450	95/100	3060	90/100	2840	—	—	—	—	—
38	1960/2100	1510/1620	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	2080/2260	1610/1750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	2200/2430	1700/1870	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	2380/2670	1850/2060	—	—	—	—	—	—	—	—	—

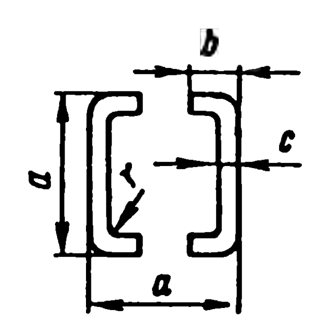
*В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе — при постоянном.

Таблица 3.9.106. **Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения**

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток*, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15 × 3	210	—	—	—	165	—	—	—	16×2,5	55/70
20 × 3	275	—	—	—	215	—	—	—	20×2,5	60/90
25 × 3	340	—	—	—	265	—	—	—	25×2,5	75/110
30 × 4	475	—	—	—	365/370	—	—	—	20 × 3	65/100
40 × 4	625	—/1090	—	—	480	—/855	—	—	25 × 3	80/120
40 × 5	700/705	—/1250	—	—	540/545	—/965	—	—	30 × 3	95/140
50 × 5	860/870	—/1525	—/1895	—	665/670	—/1180	—/1470	—	40 × 3	125/190
50 × 6	955/960	—/1700	—/2145	—	740/745	—/1315	—/1655	—	50 × 3	155/230
60 × 6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	870/880	1350/1555	1720/1940	—	60 × 3	185/280
80 × 6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170	1630/2055	2100/2460	—	70 × 3	215/320
100 × 6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455	1935/2515	2500/3040	—	75 × 3	230/345
60 × 8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040	1680/1840	2180/2330	—	80 × 3	245/365
80 × 8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355	2040/2400	2620/2975	—	90 × 3	275/410
100 × 8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690	2390/2945	3050/3620	—	100 × 3	305/460
120 × 8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040	2650/3350	3380/4250	—	20 × 4	70/115
60 × 10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—	22 × 4	75/125
80 × 10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540	2410/2735	3100/3440	—	25 × 4	85/140
100 × 10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30 × 4	100/165
120 × 10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40 × 4	130/220
									50 × 4	165/270
									60 × 4	195/325
									70 × 4	225/375
									80 × 4	260/430
									90 × 4	290/480
									100 × 4	325/535

***В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе — постоянного.**

Таблица 3.9.107. **Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения**



Размеры, мм				Поперечное сечение одной шины, мм²	Ток, А, на две шины	
a	*b*	*c*	*r*		медные	алюминиевые
75	35	4	6	520	2730	—
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	—	10800

Таблица 3.9.108. **Значения активных переходных сопротивлений неподвижных контактных соединений**

Вид соединения	Сопротивление, мОм
Кабель (алюминиевый) сечением, мм²:	
16	0,85
25	0,064
35	0,056
50	0,043
70	0,029
95	0,027
120	0,024
185	0,021
240	0,012
Шинопроводы типа ШРА-73, ШРА-4 на номинальный ток, А	
250	0,009
400	0,006
630	0,0037
Шинопроводы типа ШМА-73, ШМА-4 на номинальный ток, А	
1600	0,0034
2500	0,0024
3200, 4000	0,0012

Таблица 3.9.109. **Технические данные магистральных шинопроводов переменного тока**

Параметр	ШЗМ-16	ШМА-73	ШМА-68Н	
Номинальный ток, А	1600	1600	2500	4000
Номинальное напряжение, В	380/220	660	660	660
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	70	70	70	100
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,018	0,031	0,027	0,013
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,012	0,017	0,023	0,020
Число и размеры шин на фазу, мм	2 (100 × 10)	2 (90 × 8)	2 (120 × 10)	2 (160 × 10)
Число и сечение нулевых проводников, мм^2	—	2 × 710	2 × 640	2 × 640
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	6000	6000	3000	3000

Таблица 3.9.110. **Технические данные распределительных шинопроводов переменного тока**

Параметр	ШРА-73			ШРМ-75			ШРА-74
Номинальный ток, А	250	400	630	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,20	0,13	0,085	—	0,15	0,15	0,14
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,10	0,10	0,075	—	0,20	0,20	0,10
Размеры шин на фазу, мм	35 × 5	50 × 5	80 × 5	—	35 × 5	50 × 5	80 × 5
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	3000			2000			3000

Таблица 3.9.111. **Технические данные троллейных шинопроводов переменного тока**

Параметр	ШТМ-73, ШТА-75	ШТМ-75, ШТА-75	ШТА-76
Номинальный ток, А	250	400	100
Номинальное напряжение, В	660	660	36...380
Частота, Гц	50...60	50...60	17...60
Номинальный ток токосъемной каретки, А	—	—	17,25
Номинальный ток токосъемной каретки со сборкой зажимов, А	25	100	—
Номинальный ток спаренной токосъемной каретки, А	—	—	15,4
Номинальный ток спаренной токосъемной каретки со сборкой зажимов, А	50	20	
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	10	15	5
Число шин, шт.	3	3	4

Таблица 3.9.112. **Технические данные осветительных шинопроводов переменного тока**

Параметр	ШОС-2-25-44	ШОС-4-25-44	ШОС-80-43
Номинальный ток, А	25	25	16
Номинальное напряжение, В	220	380/220	220
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	3	3	3

Таблица 3.9.113. **Значения сопротивлений комплектных шинопроводов**

Параметры	Тип комплектного шинопровода													
	ШМА68П		ШМА73	ШМА4				ШМ316	ШРА73			ШРА4		
Номинальный ток, А	2500	4000	1600	1250	1600	2500	3200	1600	250	400	630	250	400	630
Сопротивление на фазу $R_{ш}$, мОм/м	0,02	0,013	0,031	0,034	0,03	0,017	0,015	0,014	0,21	0,15	0,1	0,21	0,15	0,1
Сопротивление на фазу $x_{ш}$, мОм/м	0,02	0,015	0,022	0,016	0,014	0,008	0,007	0,006	0,21	0,17	0,13	0,21	0,17	0,13
Сопротивление петли фаза—нуль $R_{ф\text{-}н}$, мОм/м	0,09	0,083	0,126	—	—	—	—	—	0,42	0,3	0,2	—	—	—
Сопротивление петли фаза—нуль $x_{ф\text{-}н}$, мОм/м	0,066	0,061	0,098	—	—	—	—	—	0,42	0,24	0,26	—	—	—
Полное сопротивление петли фаза—нуль $Z_{ф\text{-}н}$, мОм/м	—	—	—	0,086	0,087	0,082	0,053	0,07	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.9.114. **Количество комплектных шинопроводов, подключаемых к КТП**

Номинальная мощность трансформатора, кВА	Предельное количество магистралей, штук	Количество и номинальный ток магистралей, А
1000	1	2 × 1250
1000	1	1 × 1600
1600	2	1 × 1250 + 1 × 1600
1600	1	1 × 2500
2500	2	2 × 1600
2500	2	1 × 1600 + 1 × 2500
2500	1	1 × 2500
2500	1	1 × 3200

Диапазон мощностей и длин, при которых выгодно применение токопроводов

Номинальное напряжение, кВ	Мощность, МВ · А	Предельная длина, км
6	15...20	5
10	25...35	5
35	Более 35	10

Таблица 3.9.115. **Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100 × 10	1250	2480	3705	4935	7380	9850	12315	14850
120 × 10	1455	2885	4325	5735	8600	11470	14315	17155
140 × 10	1685	3330	4980	6625	9910	13205	16490	19785
160 × 10	1870	3705	5545	7380	11045	14710	18375	22090
180 × 10	2090	4135	6185	8225	12315	16410	20490	24610
200 × 10	2310	4560	6825	9090	13585	18105	22605	27120
250 × 10	2865	5595	8390	11185	16640	22185	27730	33275
250 × 20	3910	7755	11560	15415	23075	30740	38350	46060
300 × 10	3330	6600	9900	13200	19625	26170	32710	39200
300 × 20	4560	8995	13440	17880	26790	35720	44605	53485

Примечание. В табл. 3.9.115—3.9.118 токи приведены для неокрашенных шин, установленных на ребро, при зазоре между шинами 30 мм для шин высотой 300 мм и 20 мм для шин высотой 250 мм и менее.

Таблица 3.9.116. **Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин**[1]

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100 × 10	1880	3590	5280	7005	10435	13820	17250	20680
120 × 10	2185	4145	6110	8085	12005	15935	19880	23780
140 × 10	2475	4700	6920	9135	13585	18050	22465	26930
160 × 10	2755	5170	7670	10150	15040	19930	24910	29800
180 × 10	3035	5735	8440	11140	16545	21900	27355	32760
200 × 10	3335	6300	9280	12220	18140	24065	29985	35910
250 × 10	4060	7660	11235	14805	21930	29140	36235	43430
300 × 10	4840	9135	13395	17670	26225	34780	43380	51700

[1] См. примечание к табл. 3.9.115.

Таблица 3.9.117. **Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**[1]

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100 × 10	1240	2470	3690	4920	7390	9900
120 × 10	1445	2885	4300	5735	8590	11435
140 × 10	1665	3320	4955	6605	9895	13190
160 × 10	1850	3695	5525	7365	11025	14725
180 × 10	2070	4125	6155	8210	12295	16405
200 × 10	2280	4550	6790	9055	13565	18080
250 × 10	2795	5595	8320	11090	16640	22185
250 × 20	3880	7710	11540	15385	23010	30705
300 × 10	3300	6600	9815	13085	19625	26130
300 × 20	4500	8960	13395	17860	26760	35655

[1] См. примечание к табл. 3.9.115.

Таблица 3.9.118. **Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин**[1]

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100 × 10	1825	3530	5225	6965	10340	13740
120 × 10	2105	4070	6035	8000	11940	15885
140 × 10	2395	4615	6845	9060	13470	17955
160 × 10	2660	5125	7565	10040	14945	19850
180 × 10	2930	5640	8330	11015	16420	21810
200 × 10	3220	6185	9155	12090	18050	23925
250 × 10	3900	7480	11075	14625	21810	28950
300 × 10	4660	8940	13205	17485	25990	34545

[1]См. примечание к табл. 3.9.115.

Таблица 3.9.119. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты токопроводов из двух алюминиевых прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	310	255	205	175	145	140
30	365	305	245	205	180	165
40	490	410	325	265	235	210
50	615	510	410	355	300	285
60	720	605	485	410	355	330
80	960	805	640	545	465	435
100	1160	980	775	670	570	535
120	1365	1140	915	780	670	625
150	1580	1315	1050	905	770	725
200	2040	1665	1325	1140	970	910

Примечания: 1. В табл. 3.9.119 и 3.9.120 токи приведены для неокрашенных шин с расчетной толщиной равной 1,2 глубины проникновения тока, с зазором между шинами 20 мм при установке шин на ребро и прокладке их в горизонтальной плоскости.

2. Толщина шин токопроводов, допустимые длительные токи которых приведены в табл. 3.9.119 и 3.9.120, должна быть равной или больше указанной ниже расчетной толщины; ее следует выбирать, исходя из требований к механической прочности шин, из сортамента, приведенного в стандартах или технических условиях.

3. Глубина проникновения тока и расчетная толщина алюминиевых шин в зависимости от частоты переменного тока равны:

Частота, Гц	500	1000	2500	4000	8000	10000
Глубина проникновения тока, мм	4,20	3,00	1,90	1,50	1,06	0,95
Расчетная толщина шин, мм	5,04	3,60	2,28	1,80	1,20	1,14

Таблица 3.9.120. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты токопроводов из двух медных прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	355	295	230	205	175	165
30	425	350	275	245	210	195
40	570	465	370	330	280	265
50	705	585	460	410	350	330
60	835	685	545	495	420	395
80	1100	915	725	645	550	515
100	1325	1130	895	785	675	630
120	1420	1325	1045	915	785	735
150	1860	1515	1205	1060	910	845
200	2350	1920	1485	1340	1140	1070

Примечания: 1. См. примечания 1 и 2 к табл. 3.9.119.

2. Глубина проникновения тока и расчетная толщина медных шин в зависимости от частоты переменного тока следующие:

Частота, Гц	500	1000	2500	4000	8000	10000
Глубина проникновения тока, мм	3,30	2,40	1,50	1,19	0,84	0,75
Расчетная толщина шин, мм	3,96	2,88	1,80	1,43	1,01	0,90

Таблица 3.9.121. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты токопроводов из двух алюминиевых концентрических труб**

Наружный диаметр трубы, мм		Ток, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	500	1000	2500	4000	8000	10000
150	110	1330	1110	885	770	640	615
	90	1000	835	665	570	480	455
	70	800	670	530	465	385	370
180	140	1660	1400	1095	950	800	760
	120	1280	1075	855	740	620	590
	100	1030	905	720	620	520	495
200	160	1890	1590	1260	1080	910	865
	140	1480	1230	980	845	710	675
	120	1260	1070	840	725	610	580
220	180	2185	1755	1390	1200	1010	960
	160	1660	1390	1100	950	800	760
	140	1425	1185	940	815	685	650
240	200	2310	1940	1520	1315	1115	1050
	180	1850	1550	1230	1065	895	850
	160	1630	1365	1080	930	785	745

Наружный диаметр трубы, мм		Ток, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	500	1000	2500	4000	8000	10000
260	220	2530	2130	1780	1450	1220	1160
	200	2040	1710	1355	1165	980	930
	180	1820	1530	1210	1040	875	830
280	240	2780	2320	1850	1590	1335	1270
	220	2220	1865	1480	1275	1075	1020
	200	2000	1685	1320	1150	960	930

Примечание. В табл. 3.9.121 и 3.9.122 токи приведены для неокрашенных труб с толщиной стенок 10 мм.

Таблица 3.9.122. **Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты токопроводов из двух медных концентрических труб**[1]

Наружный диаметр трубы, мм		Ток, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	500	1000	2500	4000	8000	10000
150	110	1530	1270	1010	895	755	715
	90	1150	950	750	670	565	535
	70	920	760	610	540	455	430
180	140	1900	1585	1240	1120	945	895
	120	1480	1225	965	865	730	690
	100	1250	1030	815	725	615	580
200	160	2190	1810	1430	1275	1075	1020
	140	1690	1400	1110	995	840	795
	120	1460	1210	955	830	715	665
220	180	2420	2000	1580	1415	1190	1130
	160	1915	1585	1250	1115	940	890
	140	1620	1350	1150	955	810	765
240	200	2670	2200	1740	1565	1310	1250
	180	2130	1765	1395	1245	1050	995
	160	1880	1555	1230	1095	925	875
260	220	2910	2380	1910	1705	1470	1365
	200	2360	1950	1535	1315	1160	1050
	180	2100	1740	1375	1225	1035	980
280	240	3220	2655	2090	1865	1580	1490
	220	2560	2130	1680	1500	1270	1200
	200	2310	1900	1500	1340	1135	1070

[1]См. примечание к табл. 3.9.121.

Таблица 3.9.123. **Сопротивление изоляции токопроводов вторичных токоподводов**

Мощность электропечи или электронагревательного устройства, МВ · А	Наименьшее сопротивление изоляции[1], кОм, для токопроводов			
	до 1 кВ	выше 1 до 1,6 кВ	выше 1,6 до 3 кВ	выше 3 до 15 кВ
До 5	10	20	100	500
Более 5 до 25	5	10	50	250
Более 25	2,5	5	25	100

[1]Сопротивление изоляции следует измерять мегаомметром на напряжении 1 или 2,5 кВ при токопроводе, отсоединенном от выводов трансформатора, преобразователя, коммуникационных аппаратов, нагревательных элементов печей сопротивления и т. п., при поднятых электродах печи и при снятых шлангах системы водяного охлаждения.

Таблица 3.9.124. **Наименьшее расстояние в свету между шинами токопровода вторичного токоподвода[1]**

Помещение, в котором прокладывается токопровод	Расстояние, мм, в зависимости от рода тока, частоты и напряжения токопроводов						
	Постоянный		Переменный				
	до 1 кВ	выше 1 до 3 кВ	50 Гц		500—10000 Гц		выше 10000 Гц
			до 1кВ	выше 1 до 3 кВ	до 1,6 кВ	выше 1,6 до 3 кВ	до 15 кВ
Сухое непыльное	12	20—130	15	20—30	15—20	20—30	30—140
Сухое пыльное[2]	16	30—150	20	25—35	20—25	25—35	35—150

[1]При высоте шины до 250 мм; при большей высоте расстояние должно быть увеличено на 5—10 мм.

[2]Пыль непроводящая.

Таблица 3.9.125. **Технические данные внутрицеховых электрических сетей**

Нагрузка, А	Тип токопровода	Допустимый ток		Сопротивление на фазу, Ом/км		Масса на 1 км, кг		
		по нагреву	по экономической плотности	*r*	*x*	алюминия	черных металлов	изоляционных материалов
4000	ШМА-68-Н	5100	3850	0,013	0,02	34700	15800	—
	Ал. 14 (100 × 10)	4150	4000	0,013	0,033	38000	9400	—
	АВВГ 18 (3 × 150 + 1 × 50)	3650	3700	0,0115	0,0033	24500	11000	23500
	АсВВ 10(1 × 1800)	4380	5400	0,0055	—	49000	11000	—
2500	ШМА-68-Н	3200	2400	0,027	0,023	2500	10000	—
	Ал. 10 (80 × 10)	3100	2400	0,0165	0,048	21800	9400	—
	АВВГ 12 (3 × 150 + 1 × 50)	2440	2400	0,0106	0,005	16300	10400	15700
	АсВВ 7(1 × 1500)	2660	3000	0,0096	—	28600	11000	12700
1600	ШМА-73	2150	1440	0,031	0,017	15500	8200	—
	ШЗМ 16	2860	2000	0,018	0,012	19000	9400	—
	Ал. 7(80 × 10)	2410	1600	0,0192	0,072	15200	9400	—
	АВВГ 8(3 × 150 + 1 × 50)	1600	1630	0,026	0,0075	11800	9800	9500
	АсВВ 3(1 × 2000 + 1 × 1000)	1615	2000	0,0147	—	19000	9800	—
630	ШРА-73	960	40	0,085	0,075	4350	14050	—
	Ал. 3(100 × 6) + 1(5 × 60)	1425	600	0,063	—	5700	9050	—
	АВВГ 3(3 × 150 + 1 × 50)	640	650	0,069	0,02	4060	4000	3950
	АсВВ 4(1 × 1000)	1060	1000	0,0029	—	10800	10400	6800
400	ШРА-73	665	250	0,13	0,1	2710	12490	—
	Ал. 3(60 × 6) + 1(40 × 5)	870	360	0,102	0,163	3460	9050	—
	АВВГ 2(3 × 150 + 1 × 50)	435	445	0,104	0,0298	2710	4000	2614
250	ШРА-73	470	175	0,2	0,1	1900	10000	2100
	Ал. 3(50 × 5) + 1(30 × 4)	665	250	0,14	0,18	2360	9050	
	АВВГ 2(3 × 120 + 1 × 50)	370	224	0,13	0,03	2250	4000	

Таблица 3.9.126. **Основные технические данные магистральных шинопроводов переменного тока серий ШМА-76, ШМА-73, ШМА-68-Н, ШМЗ-16**

Показатели	Шинопроводы				
	ШМА-76*	ШМА-73	ШМА-68-Н		ШЗМ-16
Номинальный ток, А	1000	1600	2500	4000	1600
Номинальное напряжение, В	660	660	600	660	660
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	70**	70	70	100	70
Сопротивление на фазу, Ом/км:					
активное	$58{,}2 \cdot 10^{-6}$	0,031	0,02	0,013	0,017
индуктивное	$50{,}2 \cdot 10^{-6}$	0,017	0,02	0,02	0,02
полное	$76{,}8 \cdot 10^{-6}$	0,036	0,035	0,024	0,07
Сопротивление петли фаза-нуль (среднее), Ом/км:					
активное	$95{,}6 \cdot 10^{-6}$	0,072	—	—	—
индуктивное	$141 \cdot 10^{-6}$	0,098	—	—	—
полное	$172 \cdot 10^{-6}$	0,123	—	—	—
Степень защиты	IP32***	IP20	IP20	IP20	IP31

*Изготовляют несерийно.

**Для присоединительных секций. Для остальных секций 40 кА.

***Для ответвительных секций. Для остальных секций IP20. Шины изолированы.

Примечание. С 1986 г. прекращен выпуск магистрального шинопровода ШМА-73. Вместо него поставляется шинопровод ШМА-16 на тот же номинальный ток, но с улучшенными электрическими параметрами. Номенклатура элементов шинопроводов ШМА-16 и ШМА-73 идентична.

Таблица 3.9.127. **Основные технические данные магистральных шинопроводов постоянного тока серий ШМАД-70, ШМАДК-70**

Серия	Номинальный ток, А	Электродинамическая стойкость, кА	Число и сечение шин на полюс	Степень защиты
ШМАД-70	1600	60	2(80 × 8)	IP00
	2500	80	3(80 × 8)	IP00
	4000	110	3(120 × 10)	IP00
	6300	125	3(160 × 12)	IP00
ШМАДК-70	1600	60	2(80 × 8)	IP20
	2500	80	3(80 × 8)	IP20
	4000	110	3(120 × 10)	IP20
	6300	125	3(160 × 12)	IP20

Таблица 3.9.128. **Основные технические данные распределительных шинопроводов серий ШРМ-75 и ШРА-73**

Параметры	Шинопроводы			
	ШРМ-75		ШРА-73	
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220	380/220
Номинальный ток, А	100	250	400	630
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	10	15	25	35
Размеры шин, мм	3,55 × 11,2	35 × 5	50 × 5	80 × 5
Сопротивление на фазу, Ом/км:				
активное	—	0,2	0,13	0,085
индуктивное	—	0,1	0,1	0,075
полное	—	0,24	0,16	0,11
Линейная потеря напряжения, В, на длине 100 м при $\cos\varphi = 0,8$	—	9,5	11,5	12,5
Степень защиты	IP32	IP32	IP32	IP32

Примечание. Заводы изготовляют распределительные шинопроводы ШРА-У-2-1, ШРА-У-4-1, ШРА-У-6-1 на номинальные токи соответственно 250, 400, 630 А, напряжение 500 В в исполнении IP20.

Таблица 3.9.129. **Основные технические данные осветительных шинопроводов серий ШОС-67, ШОС-73, ШОС-73А**

Параметры	Шинопроводы		
	ШОС-67	ШОС-73	ШОС-73А
Номинальный ток, А	25	100	63
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	—	5	5
Номинальный ток штепселя, А	10	10	10
Степень защиты	IP32	IP32	IP32

Таблица 3.9.130. **Основные технические данные троллейных шинопроводов серий ШТМ73, ШТМ72, ШТМ75 и ШТМ76**

Показатели	Шинопроводы*		
	ШТМ73, ШТМ75	ШТМ72, ШТА75	ШТМ76
Номинальный ток, А	250	400	100
Номинальное напряжение, В	660	660	36—380 переменного тока; 24—220 постоянного тока
Частота, Гц	50—60	50—60	17—60
Номинальный ток, А:			
токосъемной каретки	—	—	10,25
токосъемной каретки со сборкой зажимов	25; 5	100	—
спаренной токосъемной каретки	—	—	15,40
спаренной токосъемной каретки со сборкой зажимов	50	200	—
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	10	15	5
Число шин	3	3	4
Степень защиты	IP12	IP12	IP14 IP12 с нижней стороны

*Шинопроводы серий ШТМ73, ШТМ72 и ШТМ76 изготовляют с медными троллеями и поставляют при надлежащем обосновании. Шинопроводы ШТА75 изготовляют с алюминиевыми троллеями из сплава АД31Т1.

Таблица 3.9.131. **Конструкции для крепления шинопроводов**

Назначение шинопровода	Тип шинопровода	Тип конструкции
Магистральный	ШМА-68Н (2500, 4000 А), ШМАД-70, ШМАДК-70, ШМА-73 (1600 А)	К881-2-К886-2
Осветительный	ШОС-67	К554, К470, К474
	ШОС-73	К889—К891
Распределительный	ШРА-73	У2080, У2081, У2084, У2085
	ШРМ-75	У2887, У2892—У2894
Троллейный	ШТА-75 (250 А)	К775, К776, К780, К781
	ШТА-75 (400 А)	У2220—У2224

Таблица 3.9.132. **Конструктивные данные проводов марок А, АКП, АН и АЖ**

Номинальное сечение, мм^2	Расчетное сечение, мм^2	Число проволок и их диаметр	Диаметр провода, мм	Масса провода, кг/км	Строительная длина, м, не менее
Алюминиевые провода марок А и АКП					
35	34,3	7 × 2,5	7,5	94	4000
50	49,5	7 × 3	9	135	3500
70	69,2	7 × 3,55	10,7	189	2500
95	92,4	7 × 4,1	12,3	252	2000
120	117	19 × 2,8	14	321	1500
Провода из алюминиевого сплава марок АН и АЖ					
25	24,7	7 × 2,12	6,4	69	3000
35	34,4	7 × 2,5	7,5	96	3000
50	49,5	7 × 3	9	138	3000
70	69,3	7 × 3,55	10,7	192	2000
95	93,3	7 × 4,12	12,4	259	1500
120	117	19 × 2,8	14	326	2000
150	148	19 × 3,15	15,8	413	2000
185	183	19 × 3,5	17,5	511	2000
270	239	19 × 4	20	669	2000
300	298	37 × 3,2	22,4	830	2000

Таблица 3.9.133. **Конструктивные данные проводов марок АС, АСКС, АСКП и АСК**

Номинальное сечение, мм^2	Расчетное сечение, мм^2		Диаметр провода, мм	Масса, кг/км			Строительная длина, м, не менее
	алюминия	стали		провода (без смазки)	смазки провода АСКС	смазки провода АСКП	
16/2,7	16,1	2,69	5,6	65	1	1	3000
25/4,2	24,9	4,15	6,9	100	1,5	1,5	3000
35/6,2	36,9	6,15	8,4	149	2,5	2,2	3000
50/8	48,2	8,04	9,6	194	3	3	3000
70/11	68	11,3	11,4	274	4,5	4,5	2000
70/72	68,4	72,2	15,4	755	38	38	2000
95/16	95,4	15,9	13,5	384	6	6	1500
120/19	118	18,8	15,2	471	11	35	2000
150/24	149	24,2	17,1	600	14	44	2000
185/29	181	29	18,8	728	16	52	2000

Номинальное сечение, мм^2	Расчетное сечение, мм^2		Диаметр провода, мм	Масса, кг/км			Строительная длина, м, не менее
	алюминия	стали		провода (без смазки)	смазки провода АСКС	смазки провода АСКП	
205/27	205	26,6	19,8	774	15	57	2000
240/32	244	31,7	21,6	921	17	66	2000
300/39	301	38,6	24	1132	22	83	2000
330/27	325	26,6	24,4	1106	12	112	2000
400/51	394	51,1	27,5	1490	28	134	1500
450/56	434	56,3	28,8	1640	30	145	1500
500/27	481	26,6	29,4	1537	15	158	1500
500/64	490	63,5	30,6	1852	33	163	1500
500/336	490	336	37,5	4005	168	270	1500

Таблица 3.9.134. **Конструктивные данные стальных спиральных канатов для грозозащитных тросов**

Условное обозначение	Расчетное сечение, мм^2	Число проволок и их диаметр, мм	Диаметр каната, мм	Масса, кг/км
С35 (ЛК-0,8 ГОСТ 3062—80)	38,01	1×2,8 + 6×2,6	8	331
С50 (ТК-9,1 ГОСТ 3063—80)	48,64	1×1,9 + 18×1,8	9,1	418
С70 (ТК-11, ГОСТ 3063—80)	72,58	1×2,3 + 18×2,2	11	623
Примечание. Строительную длину каната определяют при заказе.				

3.10. Электродвигатели

Общие технические требования

Номинальные данные электродвигателей (P, U, I, n, η, $\cos\varphi$ и др.), следует относить к их работе на высоте до 1000 м над уровнем моря при температуре (t) газообразной охлаждающей среды 40 °С и охлаждающей воды 30 °С, если в стандартах или ТУ не установлена другая температура охлаждающей среды, но не более 33 °С.

Номинальные режимы работы:

а) продолжительный;

б) кратковременный с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10; 30; 60; 90 мин;

в) повторно-кратковременный с продолжительностью включения (ПВ) 15; 25; 40; 60 %; продолжительность одного цикла 10 мин;

г) повторно-кратковременный с частыми пусками с ПВ 15; 25; 40 и 60 %, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при коэффициенте инерции (*FI*) 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4; 6,3 и 10;

д) повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением с ПВ 15; 25; 40 и 60 %, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при *FI* 1,1; 1,6; 2; 2,5 и 4;

е) перемежающийся с продолжительностью нагрузки (НП) 15; 25; 40 и 60%; продолжительность одного цикла 10 мин;

ж) перемежающийся с частыми реверсами при эл. торможении с числом реверсов в час 30; 60; 120 и 240 при *FI* 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4;

з) перемежающийся в двумя или более частотами вращения с числом циклов в час 30; 60; 120 и 240 при *FI* 1,2; 1,6; 2; 2,5 и 4.

Асинхронные электродвигатели

На промышленных предприятиях наибольшее распространение получили асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором. Существенным недостатком АД является довольно значительное и почти не зависящее от нагрузки потребление реактивной мощности, для снижения которой АД выполняют с малым воздушным зазором между ротором и статором, что усложняет эксплуатацию АД.

Условия работы АД в режиме пуска значительно отличаются от условий его работы в нормальном режиме. В режиме пуска в обмотках ротора и статора проходят токи, намного превышающие токи, протекающие в этих обмотках в номинальном режиме.

Длительный ток приводит к перегреву обмоток АД и может вызвать сгорание обмоток и аварию АД. Для исключения этого следует ограничить пусковой ток АД и уменьшить время его разгона. Наиболее распространен прямой пуск АД.

Вращающий момент АД пропорционален квадрату напряжения, подводимого к обмотке статора АД. Работа АД при пониженном напряжении является ненормальным режимом не только из-за появления токов перегрузки, но и из-за резкого снижения вращающего момента АД, что может привести к останову АД ("опрокидыванию").

АД широко применяют в приводах переменного тока, не требующих регулирования скорости и работающих при длительной нагрузке (центробежные насосы, вентиляторы и др.), На выбор АД влияет, в первую очередь, режим работы приводного механизма. Так, например, мощность двигателя насоса $P_д$, кВт, можно определить по выражению:

$$P_д = \frac{\gamma Q_н (H + \Delta H)}{102 \eta_н \eta_п},$$

где γ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м^3; $Q_н$ — расход жидкости (подача, производительность насоса), м^3/с; H — высота напора (сумма высот всасывания и нагнетания), м; ΔH — падение напора в магистралях, м; $\eta_п$, $\eta_н$ — КПД передачи и насоса соответственно.

Основные технические данные АД приведены ниже.

Двигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые серии 4А* с высотой оси вращения 50—355 мм

Основное исполнение: эл. дв. с короткозамкнутым ротором, $f_{ном}$ = 50 Гц, привод механизмов основного применения в условиях умеренного климата (У) категорий размещения 2 и 3 для продолжительной работы. Электродвигатели изготовляют защищенными (IP23) и закрытыми обдуваемыми (IP44). Со степенью защиты IP23 выпускают электродвигатели только основного исполнения; все модификации имеют исполнение IP44.

Электродвигатели могут работать при t воздуха от -40 до +40 °С и относительной влажности до 98 % при 25 °С.

Шкала мощностей: 0,06—400 кВт.

Электродвигатели 0,06—0,37 кВт изготовляют на 220 и 380 В; 0,55—11 кВт — на 220, 380 и 660 В; 15—110 кВт — на 220/380 и 380/660 В; 132—400 кВт — на 380/660 В.

---

*Единая серия 4А асинхронных электродвигателей заменила серии А2 и А3; на смену серии 4А введена серия АИ (асинхронная интерэлектро).

Количество выводных концов обмотки электродвигателя до 11 кВт — 3, схема соединения обмоток Δ или У, а для электродвигателя 15 кВт и выше — 6 и Δ/У.

Электродвигатели 4АН (IP23) допускают запыленность воздуха не более 2 мг/м^3, а 4А (IP44) — не более 10 мг/м^3.

Изоляция по классам нагревостойкости выполняется для двигателей с высотами оси вращения 50—132 мм — класса В, 160—355 мм — класса F.

Электродвигатели со степенью защиты IP54 пылезащищенного исполнения предназначены для эксплуатации в помещениях классов В—IIa и П—II согласно ПУЭ.

Модификации основного исполнения:

1) с повышением пусковым моментом — привод механизмов с большой нагрузкой в момент пуска: компрессоры, дробилки и др.;

2) с повышенным скольжением — привод механизмов с большим моментом инерции, с нагрузкой пульсирующего характера с большой частотой пусков и реверсов;

3) с повышенными энергетическими показателями (η, cosφ) — привод механизмов с круглосуточной работой, при которой особое значение имеет повышение η;

4) с фазным ротором — по условиям пуска и плавного регулирования частоты вращения;

5) малошумные — повышенные требования по уровню шума;

6) многоскоростные — ступенчатое регулирование частоты вращения;

7) встраиваемые — для встраивания в станки и механизмы;

8) по условиям окружающей среды — пылезащищенные, химически стойкие и др.;

9) со встроенной защитой — охватывают весь диапазон высот осей вращения (56—355 мм);

10) повышенной точности — для особо точных станков.

Обозначения типоразмера электродвигателя:

Основное исполнение: 4АА56В2У3 или 4АН280S6У3; 4 — порядковый номер серии; А — асинхронный; Н — обозначение электродвигателя защищенного исполнения IP23; отсутствие данного знака означает обдуваемое исполнение IP44; А — станина и щиты из алюминия; Х — станина алюминиевая, щиты чугунные; отсутствие знаков означает, что станина и щиту чугунные или стальные; 50—355 — высота оси вращения, мм; S, L, M — установочные размеры

по длине станины; А, В — обозначения длины сердечника (А — первая длина, В — вторая); 2, 4, 6, 8, 10, 12 — число полюсов; У — климатическое исполнение электродвигателя; 3 — категория размещения.

В обозначениях типоразмера в таблице опущены: индексы материалов станин и щитов (А, X), число полюсов, климатическое исполнение У и категория размещения 3.

Серия асинхронных электродвигателей АИ более экономична по сравнению с серией 4А. Ряд мощностей электродвигателей этой серии, кВт: 0,37; 0,55; 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7.5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; 45; 55; 75; 90; 110; 132; 160; 200; 250; 315; 400.

Таблица 3.10.1. **Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором мощностью до 400 кВт**

Типоразмер	$P_{ном}$, кВт, при $n_{ном}$, об/мин				Масса, кг
	3000	1500	1000	750*	
Серии 4АН в исполнении IP23					
4АН160S	22	18,5	—	—	112
4АН160M	30	22	—	—	132
4АН180S	37	30	18,5	15	170
4АН180M	45	37	22	18,5	186
4АН200M	55	45	30	22	260
4АН200L	75	55	37	30	295
4АН225M	90	75	45	37	355
4АН250S	110	90	55	45	450
4АН250M	132	110	75	55	500
4АН280S	160	132	90	75	715
4АН280M	200	160	110	90	825
4АН315S	—	200	132	110	860
4АН315M	250	250	160	132	940
4АН355S	315	315	200	160	1200
4АН355M	400	400	250	200	1350
Серии 4А в исполнении IP44					
4А56А	0,18	0,12	—	—	4,5
4А56В	0,25	0,18	—	—	4,5
4А63А	0,37	0,25	0,18	—	6,3

Типоразмер	$P_{ном}$, кВт, при $n_{ном}$, об/мин				Масса, кг
	3000	1500	1000	750*	
4A63B	0,55	0,37	0,25	—	6,3
4A71A	0,75	0,55	0,37	—	15,1
4A71B	1,1	0,75	0,55	0,25	15,1
4A80A	1,5	1,1	0,75	0,37	17,4
4A80B	2,2	1,5	1,1	0,55	20,4
4A90L	3	2,2	1,5	0,75	28,7
4A90L	—	—	—	1,1	28,7
4A100S	4	3	—	—	36
4A100L	5,5	4	2,2	1,5	42
4A112M	7,5	5,5	3	2,2	56
4A112M	—	—	4	3	56
4A132S	—	7,5	5,5	4	77
4A132M	11	11	7,5	5,5	93
4A160S	15	15	11	7,5	132
4A160M	18,5	18,5	15	11	155
4A180S	22	22	—	—	170
4A180M	30	30	18,5	15	185
4A200M	37	37	22	18,5	255
4A200L	45	45	30	22	285
4A225M	55	55	37	30	380
4A250S	75	75	45	37	475
4A250M	90	90	55	45	515
4A280S	110	110	75	55	810
4A280M	132	132	90	75	870
4A315S	160	160	110	90	1000
4A315M	200	200	132	110	1100
4A355S	250	250	160	132	1420
4A355M	315	315	200	160	1670

*Данные для электродвигателей с $n_{ном}$ 600 и 500 об/мин опущены.

Таблица 3.10.2. **Технические данные АД напряжением ниже 1 кВ**

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
Серия 4А и 4АН											
4А112М2У3	7,5	220; 380; 660	2900	2,5	17	87,5	0,88	2	2,8	1,8	7,5
4А132М2У3	11			2,3	19	88	0,9	1,7		1,5	
4А160S2У3	15	220/380; 380/660	2940	2,1	12		0,91	1,4	2,2	1	7,0
4А160М2У3	18,5				12,5	88,5	0,92				
4А180S2У3	22			1,9			0,91		2,5	1,1	7,5
4А180М2У3	30		2945	1,8		90,5	0,9				
4А200М2У3	37			1,9	11,5	90	0,89			1	
4А200L2У3	45			1,8		91	0,90				
4А225М2У3	55				11		0,92			1,2	
4А250S2У3	75		2960	1,4	10		0,89	1,2		1	
4А250М2У3	90					92	0,90				
4А280S2У3	110		2970	2	8,5	91	0,89		2,2		7
4А280М2У3	132	380/660				91,5					
4А315S2У3	160			1,9		92	0,9	1	1,9	0,9	
4А315М2У3	200				9,0	92,5					
4А355S2У3	250				7,0						

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4А355М2У3	315	380/660	2970	2,0	7,5	93	0,91	1	1,9	0,9	7
4А132S4У3	7,5	220; 380; 660	1455	2,9	19,5	87,5	0,86	2,2	3,0	1,7	7,5
4А132М4У3	11		1460	2,8			0,87				
4А160S4У3	15	220/380; 380/660	1465	2,3	16,0	88,5	0,88	1,4	2,3	1	7
4А160М4У3	18,5			2,2		89,5					
4А180S4У3	22		1470	2	14,0	90	0,9				6,5
4А180М4У3	30			1,9		91	0,89				
4А200М4У3	37		1475	1,7	10		0,9		2,5		7
4А200L4У3	45			1,6		92					
4А225М4У3	55		1480	1,4		92,5		1,3			
4А250S4У3	75			1,2	9,5	93		1,2	2,3		
4А250М4У3	90			1,3			0,91				
4А280S4У3	110		1470	2,3	8,5	92,5	0,9		2		6
4А280М4У3	132	380/660	1480		6,5	93		1,3			
4А315S4У3	160			1,4		93,5	0,91		2,2	0,9	6,5
4А315М4У3	200			1,3	5	94	0,92				
4А355S4У3	250		1485	1	4	94,5		1,2	2		7
4А355М4У3	315										

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4А132М6У3	7,5	220; 380; 660	970	3,2	26	85,5	0,81	2	2,5	1,8	6
4А160S6У3	11		975	2,7	15	86	0,86	1,2	2	1	
4А160М6У3	15	220/380; 380/660		2,6	14	87,5	0,87				
4А180М6У3	18,5			2,4	13,5	88					
4А200М6У3	22			2,3		90	0,9	1,3	2,4		6,5
4А299L6У3	30		980	2,1		90,5					
4А225М6У3	37			1,8	11,5	91	0,89	1,2	2,3		
4А250S6У3	45		985	1,4	9	91,5			2,1		
4А250М6У3	55			1,3	9,5						
4А280S6У3	75			2,0	8,3	92			2,2		7
4А280М6У3	90			1,8		92,5					
4А315S6У3	110				8,2	93	0,9	1		0,9	
4А315М6У3	132	380/660		1,7		93,5		1,4			
4А355S6У3	160			1,4	6,5						
4А355М6У3	200			1,3	6,4	94					
4А160S8У3	7,5	220; 380; 660	730	2,5	14,5	86	0,75			1	6
4А160М8У3	11				15,0	87					
4А180М8У3	15	220/380; 380/660		2,6	13,0		0,82	1,2	2		5,5
4А200М8У3	18,5		735	2,3		88,5	0,84		2,2	1,1	
4А200L8У3	22		730	2,7					2		

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4А225М8У3	30	220/380; 380/660	735	1,8	11,5	90,5	0,81	1,3	2,1	1,2	6
4А250S8У3	37			1,6	9	90	0,83	1,2	2	1	
4А250М8У3	45		740	1,4		91	0,84				
4А280S8У3	55		735	2,2	8	92					5,5
4А280М8У3	75				8,5	92,5	0,85				
4А315S8У3	90		740	1,5	7	93			2,3	0,9	6,5
4А315М8У3	110				7,5						
4А355S8У3	132	380/660		1,3	5,5	93,5			2,2		
4А355М8У3	160										
4А250S10У3	30	220/380; 380/660	590	1,9	10,5	88	0,81		1,9		6
4А280S10У3	37			1,7	8,5	91	0,78	1	1,8		
4А280М10У3	45				7,5	91,5					
4А315S10У3	55			1,8	10	92	0,79			0,9	
4А315М10У3	75			1,6	8,5		0,80				
4А355S10У3	90				5,5	92,5	0,83				
4А355М10У3	110				6,5	93,5					
4А315S10У3	45		490	2,5	10,5	90,5	0,75				

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4А315М12У3	55	220/380; 380/660	490	2,3	10	91	0,75	1	1,8	0,9	6
4А355S12У3	75			1,5	6,5	91,5	0,76				
4А355М12У3	90		495	1,3	6	92					
4АН160S2У3	22		2915	2,8	12,5	88	0,88	1,3	2,2	1	7
4АН160М2У3	30			2,9		90	0,91				
4АН180S2У3	37		2945	1,8		91		1,2			
4АН180М2У3	45			1,9				1,3			
4АН200М2У3	55		2940	2	11,5		0,9		2,5		
4АН200L2У3	75					92					
4АН225М2У3	90		2945	1,9	11		0,88	1,2	2,2		
4АН250S2У3	110		2950	1,6	10	93	0,86				
4АН250М2У3	132	380/660	2945	1,9			0,88				
4АН280S2У3	160		2960	1,4	6,5	94	0,9				6,5
4АН280М2У3	200				6,3	94,5					
4АН315М2У3	250		2970	1,2	5,4		0,91	1	1,9	0,9	
4АН355S2У3	315			1	5,3		0,92				
4АН355М2У3	400					95					

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4АН160S4У3	18,5	220/380; 380/660	1450	3,2	14,5	88,5	0,87	1,3	2,1	1	6,5
4АН160М4У3	22		1458	2,9		90	0,88				
4АН180S4У3	30		1465	2,3	14		0,84	1,2	2,2		
4АН180М4У3	37		1470	2,1		90,5	0,89				
4АН200М4У3	45	220/380; 380/660	1475	1,8	11,5	91	0,89	1,3	2,5	1	
4АН200L4У3	55			1,7		92					
4АН225М4У3	75			1,6	10	92,5		1,2	2,2		
4АН250S4У3	90		1480	1,4	9,5	93,5					
4АН250М4У3	110		1475	1,5					2		
4АН280S4У3	132	380/660	1470	2	7,2	93					6
4АН280М4У3	160				7	93,5	0,9				
4АН315S4У3	200		1475	1,8	6	94	0,91			0,9	6,5
4АН315М4У3	250										
4АН355S4У3	315		1485	1,2	5,3	94,5					
4АН355М4У3	400				5,2						

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4АН180S6У3	18,5	220/380; 380/660	975	2,5	13,5	87	0,85	1,2	2	1	6
4АН180М6У3	22			2,4		88,5	0,87				
4АН200М6У3	30			2,3		90	0,88	1,3	2,1		
4АН200L6У3	37		980	1,9		90,5					6,5
4АН225М6У3	45			2	11,5	91	0,87	1,2	2		
4АН250S6У3	55		985	1,3	9,5	92,5					
4АН250М6У3	75			1,2		93					7
4АН280S6У3	90	220/380; 380/660	980	2,2	8,4	92,5	0,89	1,2	2	1	6
4АН280М6У3	110										
4АН315S6У3	132	380/660	985	1,8	6,7	93			1,9	0,9	
4АН315М6У3	160				6,5	93,5					
4АН355S6У3	200			1,6	6,2	94	0,9				6,5
4АН355М6У3	250								2		

Продолжение таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4АН180S8У3	15	220/380; 380/660	730	2,6	13	86	0,8	1,2	1,9	1	5,5
4АН180М8У3	18,5			2,7		87,5					
4АН200М8У3	22			2,6		89	0,84	1,3	2		
4АН200L8У3	30			2,3		89,5	0,82				
4АН225М8У3	37		735	2	11,5	90	0,81	1,2	1,9		
4АН250S8У3	45		740	1,5	9	91					
4АН250М8У3	55		735	1,6		92					6
4АН280S8У3	75			2,5	8,3		0,85				5,5
4АН280М8У3	90					92,5	0,86				
4АН315S8У3	110			2	6,3	93				0,9	
4АН315М8У3	132										
4АН355S8У3	160	380/660	740	1,8	5,6	93,5		1,1			
4АН355М8У3	200				5,5	94					

Окончание таблицы 3.10.2

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$s_{ном}$, %	$s_{кр}$, %	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
								$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
4АН280S10У3	45	220/380; 380/660	585	2,8	10,6	90	0,81	1	1,8	1	5
4АН280М10У3	55	220/380; 380/660	585	2,8	11,1	90,5	0,81	1	1,8	1	5
4АН315S10У3	75		590	2,2	7,8	91	0,82			0,9	5,5
4АН315М10У3	90				7,7	91,5					
4АН355S10У3	110			1,8	6,7	92	0,83				
4АН355М10У3	132	380/660				92,5					
4АН315S12У3	55	220/380; 380/660	490	2,5	7,6	90,5	0,78				
4АН315М12У3	75					91					
4АН355S12У3	90			2,2	6,4	91,5	0,77				
4АН355М12У3	110				6,5	92					

Таблица 3.10.3. **Технические данные АД напряжением выше 1 кВ**

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
						$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
2АЗМ1-315/6000УХЛ4	315	6	2980	94,7	0,9	1,3	2,4	0,8	7
2АЗМ1-400/6000УХЛ4	400			95,3	0,91				
2АЗМ1-500/6000УХЛ4	500			95,6	0,92	1,2	2,1		6
2АЗМ1-630/6000УХЛ4	630		2970	95,5	0,9	1,1	1,9	0,7	5,2
2АЗМ1-800/6000УХЛ4	800			95,8					
2АЗМ1-1000/6000УХЛ4	1000				0,89				5
2АЗМ1-1250/6000УХЛ4	1250		2975	96,3		1,3	2,1		5,5
4АЗМ-500/6000УХЛ4 4АРМ-500/6000УХЛ4	500		2970	95,7		0,9			5,1
4АЗМ-630/6000УХЛ4 4АРМ-630/6000УХЛ4	630		2979		0,688	1	2	0,85	5,3
4АЗМ-800/6000УХЛ4 4АРМ-800/6000УХЛ4	800			96	0,89				
4АЗМ-1000/6000УХЛ4 4АРМ-1000/6000УХЛ4	1000			96,1					
4АЗМ-1250/6000УХЛ4 4АРМ-1250/6000УХЛ4	1250		2973	96,3		0,95	2,1	0,74	5,5
А4-400ХК-4У4	400		1480	94,3	0,868	1,1	2,3	—	5,7
А4-400Х-4У3	500			94,7	0,876	1,2			
А4-400У-4У3	630			95,1	0,879				

Окончание таблицы 3.10.3

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	η, %	$\cos \varphi_{ном}$	Пусковые характеристики			
						$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
А4-450Х-4У3	800	6	1482	95,2	0,879	1,1	2,1	—	5,7
А4-450У-4У3	1000			95,5	0,888				
А4-400ХК-6У3	315		985	93,6	0,852	1			5,4
А4-400Х-6У3	400			94	0,862				
А4-400У-6У3	500			94,4	0,857				
А4-450Х-6У3	630		986	94,7	0,859		2		
А4-450У-6У3	800			95	0,857				
А4-400Х-8У3	250		737	93,2	0,807		1,9		5
А4-400У-8У3	315			93,6	0,820				
А4-450Х-8У3	400		740	93,9					
А4-450УК-8У3	500			94,2	0,830				
А4-450У-8У3	630			94,5	0,828				
А4-400Х-10У3	200		587	92	0,761	1,1			4,8
А4-400У-10У3	250			92,5	0,776				
А4-450Х-10У3	315			93	0,815				
А4-450У-10У3	400			93,4	0,824				
А4-450Х-12У3	250		489	92,2	0,767				4,5
А4-450У-12У3	315			92,7	0,779				

Таблица 3.10.4. **Наименьшие номинальные мощности трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым и фазным роторами напряжением выше 1 кВ**

$U_{ном}$, кВ	$P_{ном}$, кВт, при $n_{ном}$, об/мин								
	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250
6	200	200	200	200	200	250	315	315	315
10	630	630	500	500	500	500	500	500	500

Таблица 3.10.5. **Двигатели трехфазные асинхронные с короткозамкнутым или фазным ротором напряжением 6 кВ мощностью 200—1000 кВт**

Типоразмер	$P_{ном}$, кВт, $n_{ном}$, об/мин					
	3000	1500	1000	750	600	500
335LK	200/—	200/—	—	—	—	—
355L	250/200	250/200	200/—	—	—	—
355X	315/250	315/250	250/200	—	—	—
355У	400/315	400/315	—	—	—	—
400XK	—	—	315/250	—	—	—
400X	—	500/400	400/315	250/200	200/—	—
400У	—	630/500	500/400	315/250	250/200	—
450X	—	800/630	630/500	400/315	315/250	250/200
450УK	—	—	—	500/400	—	—
450У	—	1000/800	800/630	630/500	400/315	315/250

Примечание. В числителе мощности эл. дв. со степенью защиты IP23, в знаменателе — IP44.

Двигатели трехфазные асинхронные двухполюсные с короткозамкнутым ротором АТД2

$P_{ном}$ = 315÷5000 кВт; $U_{ном}$ = 6 кВ; исполнение и категория У3 и У4.

Степень защиты дв. с замкнутой системой вентиляции IP42, с разомкнутой системой IP22.

Габарит эл. дв.	1	2	3	4	5
$P_{ном}$ эл. дв., кВт	315	630	1000	2000	3200
	400	800	1250	2500	4000
	500	—	1600	—	5000
					6300
					8000

Таблица 3.10.6. **Двигатели асинхронные вертикальные короткозамкнутые**

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
4АВ-118/41-8АМЗ	800	750	6000	6,3	IP44
ВАН-118/51-8АМУЗ	1000	750	6000	6,1	IP23
ВАН-118/23-8УЗ	400	750	6000	5,1	IP23
ВАН-118/41-8УЗ	800	750	6000	6,2	IP23
ВАН-118/51-8УЗ	1000	750	6000	6,7	IP23
ВАН-118/23-10УЗ	315	600	6000	5,0	IP23
ВАН-118/41-10УЗ	630	600	6000	6,2	IP23
ВАН-118/51-10УЗ	800	600	6000	6,7	IP23
ВАН-143/41-10УЗ	1000	600	6000	8,3	IP23
ВАН-143/51-10УЗ	1250	600	6000	9,0	IP23
ВАН-173/39-10УЗ	1600	600	6000	11,6	IP23
ВАН-118/28-12УЗ	315	600	6000	5,3	IP23
ВАН-118/51-12УЗ	630	500	6000	6,7	IP23
ВАН-143/41-12УЗ	800	500	6000	8,2	IP23
ВАН-143/51-12УЗ	1000	500	6000	8,9	IP23
ВАН-173/39-12УЗ	1250	500	6000	11,6	IP23
ВАН-173/46-12УЗ	1600	500	6000	12,3	IP23
ВАН-215/41-12УЗ	2500	500	6000	17,7	IP23
ВАН-143/36-16УЗ	500	375	6000	7,3	IP23
ВАН-143/46-16УЗ	630	375	6000	8,6	IP23
ВАН-173/36-16УЗ	800	375	6000	10,7	IP23
ВАН-173/46-16УЗ	1000	375	6000	11,8	IP23
ВАН-173/56-16УЗ	1250	375	6000	12,9	IP23
ВАН-215/41-16УЗ	1600	375	6000	15,1	IP23

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
ВАН-215/59-16У3	2500	375	6000	20,3	IP23
ВАН-118/41-10МТ3	500	600		6,2	
ВАН-118/51-8МТ3	800	750		6,7	
АВ16-31-12КМТ3	630	600		10	IP21
ВАН-173/39-12КМТ3	1000	500		11,8	
ВАН-173/39-12КМТ3			6600		
АВ16-49-12Т3			11000	12,5	
Производитель: ОАО "Уралэлектротяжмаш" (г. Екатеринбург)					

Таблица 3.10.7. **Двигатели трехфазные асинхронные с короткозамкнутым ротором взрывозащищенные серии ВАО 0,25—110 кВт (высоты оси вращения электродвигателей и $P_{ном}$)**

Высота оси вращения, мм	$P_{ном}$, кВт, при $n_{ном}$, об/мин			
	3000	1500	1000	750
63	0,37	0,25	—	—
71	0,75	0,55	0,37	—
80	1,5	1,1	0,75	—
90	3	2,2	1,5	—
100	4	3	—	—
112	7,5	5,5	3	3
132	—	7,5	5,5	4
160	15	15	11	7,5
180	22	22	—	—
200	37	37	22	18,5
225	55	55	37	30
250	75	75	45	37
280	110	110	90	75

Примечания: 1. $U_{ном}$ = 220; 380; 660 и 500 В.
2. Климатическое исполнение У и ХЛ.
3. Степень защиты IP54.

Таблица 3.10.8. **Двигатели трехфазные асинхронные с короткозамкнутым ротором взрывозащищенные серии ВАО мощностью 132—1000 кВт**

$n_{ном}$, об/мин	$P_{ном}$, кВт, при $U_{ном}$, В		
	380/660	660	6000
3000	132—200	250; 315	200—400
1500	132—200	250; 315	200—1000
1000	110—200	250; 315	200—800
750	75—200	250	200—630
600	55—200	—	—

Примечание. Степень защиты эл. дв. IP54, климатическое исполнение У и ХЛ, режим работы — продолжительный.

Ниже приведены серии АД общего применения и для с. н. ЭС (в скобках указаны интервалы значений $P_{ном}$, кВт):

а) АД с короткозамкнутым ротором:

4А (0,06—400) — заменена серией АИ;

А/А3 (200—2500) — вентиляторы, дымососы, мельницы, сетевые насосы;

А2 (400—500) — мазутные насосы;

А4 (200—1000) — насосы, вентиляторы, дымососы;

АВ (400—800) — конденсатные насосы;

АВМЗ (55—110) — вертикальные осевые насосы;

АН-2 (500—2000) — насосы, вентиляторы;

АО2 (200, 3150) — дымососы;

АТД2 (500—8000) — питат. насосы, быстроходные механизмы;

ВАН (250—5500) — вертикальные циркуляционные насосы;

ВАО (250—500) — топливоподача;

ВАСВ (30—200) — вентиляторы градирен;

ДА/ДАЗ (630—4000) — дымососы, вентиляторы;

ДАЗО (160—2500) — то же;

ДАЗО2 (315—1600) — двухскоростные — дымососы, вентиляторы;

ДВДА (500/315—1600/1000) — двухскоростные — насосы;

MTKF (1,4—22 при ПВ = 40 %) — крановые механизмы;

АТМК (470, 750) — центробежные компрессоры;

б) АД с фазным ротором:

4АНК, 4АК (15—400) — общего назначения;

АКН2 (15—19-й габариты) (315—2000) — привод механизмов с частыми или тяжелыми условиями пуска;

ДАФЗ (5000) — привод дымососов;

MTF (1,4—30; 3—118) — привод крановых механизмов;

АСКЗ (315—2000) — для работы в запыленных закрытых помещениях.

Таблица 3.10.9. **Технические данные АД типа 2АИ80ПА и 2АИ90ПА**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">$P_{ном}$, кВт</th><th rowspan="2">η, %</th><th rowspan="2">$\cos\varphi_{ном}$</th><th rowspan="2">$n_с$, об/мин</th><th rowspan="2">$s_{ном}$, %</th><th colspan="4">Пусковые характеристики</th></tr>
<tr><th>$\frac{M_п}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{I_п}{I_{ном}}$</th></tr>
<tr><td>2АИ80А2ПА</td><td>1,5</td><td>82,0</td><td>0,85</td><td rowspan="3">3000</td><td>4,0</td><td>2,2</td><td rowspan="3">2,6</td><td rowspan="2">1,8</td><td>6,5</td></tr>
<tr><td>2АИ80В2ПА</td><td>2,2</td><td>83,0</td><td>0,87</td><td rowspan="2">4,5</td><td>2,1</td><td>6,4</td></tr>
<tr><td>2АИ90L2ПА</td><td>3,0</td><td>84,0</td><td>0,90</td><td>2,3</td><td rowspan="3">1,7</td><td>7,0</td></tr>
<tr><td>2АИ80А4ПА</td><td>1,1</td><td>76,5</td><td>0,77</td><td rowspan="3">1500</td><td>5,5</td><td rowspan="2">21,2</td><td rowspan="2">2,4</td><td>5,0</td></tr>
<tr><td>2АИ80В4ПА</td><td>1,5</td><td>78,5</td><td>0,80</td><td>6,0</td><td>5,3</td></tr>
<tr><td>2АИ90L4ПА</td><td>2,2</td><td>81,5</td><td>0,82</td><td>5,0</td><td>2,0</td><td>2,6</td><td>2,0</td><td>6,0</td></tr>
<tr><td>2АИ80А6ПА</td><td>0,75</td><td>71,0</td><td>0,71</td><td rowspan="3">1000</td><td>9,5</td><td>2,1</td><td>2,2</td><td>1,6</td><td>4,0</td></tr>
<tr><td>2АИ80В6ПА</td><td>1,1</td><td>75,0</td><td>0,74</td><td>7,5</td><td>2,2</td><td rowspan="3">2,3</td><td>1,8</td><td>4,5</td></tr>
<tr><td>2АИ90L6ПА</td><td>1,5</td><td>78,5</td><td>0,72</td><td>6,5</td><td rowspan="3">2,0</td><td>1,9</td><td>5,0</td></tr>
<tr><td>2АИ80А8ПА</td><td>0,37</td><td>63,5</td><td>0,59</td><td rowspan="4">750</td><td rowspan="2">8,0</td><td rowspan="2">1,4</td><td rowspan="2">3,5</td></tr>
<tr><td>2АИ80В8ПА</td><td>0,55</td><td>65,0</td><td>0,60</td><td>2,1</td></tr>
<tr><td>2АИ90LА8ПА</td><td>0,75</td><td>72,5</td><td>0,71</td><td>6,0</td><td rowspan="2">1,5</td><td rowspan="2">2,0</td><td rowspan="2">1,5</td><td rowspan="2">4,0</td></tr>
<tr><td>2АИ90LВ8ПА</td><td>1,1</td><td>76,0</td><td>0,72</td><td>6,5</td></tr>
</table>

Таблица 3.10.10. **Технические данные АД типа АИРС80 и АИРС90**

Тип	$P_{ном}$, кВт (ПВ = 40 %)	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	$s_{ном}$, %	Пусковые характеристики			
					$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$
АИРС80А2	1,9	79,0	0,80	5,5	2,1	2,2	1,6	6,5
АИРС80В2	2,5	76,0	0,86	6,8				
АИРС80А4	1,32	69,0	0,80	8,0				5,0
АИРС80В4	1,7	71,0	0,82					
АИРС80А6	0,75	67,0	0,73	9,0	2,0	2,1		4,0
АИРС80В6	1,25	66,5	0,75	10,7	2,1			
АИРС80А8	0,45	57,0	0,64	8,0	1,4	1,7	1,4	3,0
АИРС80В8	0,6	60,0						
АИРС90L2	3,5	80,0	0,86	7,0	2,0	2,2	1,6	6,5
АИРС90L4	2,4	77,0	0,81	8,0	2,2			6,0
АИРС90L6	1,7	71,0	0,72	10,0	2,0			
АИРС90L8	0,9	69,0		8,0	1,6	1,9	1,5	3,5
АИРС90LB8	1,2	67,0		10,0				5,5

Таблица 3.10.11. **Технические данные АД типа АИР80Е и АИР90Е**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">n_c, об/мин</th><th rowspan="2">$P_{ном}$, кВт</th><th rowspan="2">$I_{ном}$, А</th><th rowspan="2">η, %</th><th rowspan="2">$\cos\varphi_{ном}$</th><th rowspan="2">$s_{ном}$, %</th><th colspan="4">Пусковые характеристики</th></tr>
<tr><th>$\frac{M_п}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{I_п}{I_{ном}}$</th></tr>
<tr><td>АИР80А2Е</td><td rowspan="2">3000</td><td>1,5</td><td>3,4</td><td>80,0</td><td>0,85</td><td rowspan="2">5,0</td><td rowspan="10">2,2</td><td>2,1</td><td rowspan="10">1,6</td><td rowspan="2">7,0</td></tr>
<tr><td>АИР90L2E</td><td>3,0</td><td>6,3</td><td>83,5</td><td>0,88</td><td>2,0</td></tr>
<tr><td>АИР80А4Е</td><td rowspan="2">1500</td><td>1,1</td><td>2,8</td><td>74,0</td><td>0,71</td><td rowspan="2">7,0</td><td>2,2</td><td rowspan="2">5,5</td></tr>
<tr><td>АИР90В4Е</td><td>1,5</td><td>3,6</td><td>77,0</td><td>0,83</td><td>2,1</td></tr>
<tr><td>АИР80В2Е</td><td>3000</td><td rowspan="2">2,2</td><td>4,7</td><td>82,0</td><td>0,87</td><td>5,0</td><td>2,0</td><td>7,0</td></tr>
<tr><td>АИР90L4E</td><td>1500</td><td>5,0</td><td>80,0</td><td>0,83</td><td>7,0</td><td>2,1</td><td>6,5</td></tr>
<tr><td>АИР80А6Е</td><td rowspan="4">1000</td><td>0,75</td><td>2,3</td><td>69,0</td><td>0,72</td><td rowspan="2">8,0</td><td rowspan="4">2,0</td><td>4,8</td></tr>
<tr><td>АИР80В6Е</td><td>1,1</td><td>3,1</td><td>73,0</td><td>0,74</td><td>4,5</td></tr>
<tr><td>АИР90L6E</td><td>1,5</td><td>4,2</td><td>75,0</td><td rowspan="2">0,72</td><td>7,5</td><td rowspan="2">6,0</td></tr>
<tr><td>АИРС90L6E</td><td>1,7</td><td>5,1</td><td>70,0</td><td>10,0</td></tr>
<tr><td>АИР80А8Е</td><td rowspan="4">750</td><td>0,37</td><td>1,6</td><td>59,0</td><td>0,61</td><td rowspan="2">6,5</td><td rowspan="2">1,9</td><td rowspan="2">1,8</td><td rowspan="2">1,4</td><td rowspan="3">4,0</td></tr>
<tr><td>АИР80В8Е</td><td>0,55</td><td rowspan="2">2,1</td><td>63,0</td><td>0,63</td></tr>
<tr><td>АИР90А8Е</td><td>0,75</td><td>74,0</td><td>0,73</td><td rowspan="2">5,5</td><td rowspan="2">2,0</td><td rowspan="2">1,4</td><td>1,3</td></tr>
<tr><td>АИР90L8E</td><td>1,1</td><td>3,1</td><td>76,0</td><td>0,72</td><td>1,4</td><td>3,5</td></tr>
<tr><td>АИР90L4/2E</td><td>1500/3000</td><td>2,2/2,65</td><td>5,2/6,1</td><td>78,0/77,0</td><td>0,83/0,86</td><td>5,0</td><td>2,4</td><td>1,9</td><td>1,6/1,5</td><td>6,0</td></tr>
<tr><td>АИР90L6/4E</td><td>1000/1500</td><td>1,32/1,6</td><td>4,0/4,0</td><td>73,0/73,0</td><td>0,68/0,83</td><td>5,0/5,0</td><td>1,8/1,9</td><td>1,3/1,3</td><td>1,3/1,2</td><td>4,5/5,5</td></tr>
<tr><td>АИР80А8/2Е</td><td rowspan="2">750/3000</td><td>0,18/0,75</td><td>1,3/1,93</td><td>42,0/72,0</td><td>0,50/0,82</td><td rowspan="2">6,0/6,0</td><td rowspan="2">3,5/3,5</td><td>2,2/2,2</td><td rowspan="2">1,6/1,6</td><td rowspan="2">6,0/6,0</td></tr>
<tr><td>АИР80В8/2Е</td><td>0,25/1,1</td><td>1,65/2,62</td><td>46,0/72,0</td><td>0,50/0,85</td><td>2,3/2,3</td></tr>
<tr><td>АИР80А16/4Е</td><td rowspan="3">375/1500</td><td>0,07/0,37</td><td>1,6/1,5</td><td>10,0/64,0</td><td>0,65/0,56</td><td>10,0/4,0</td><td>1,9/2,7</td><td>1,4/2,5</td><td>1,4/1,8</td><td>2,0/6,0</td></tr>
<tr><td>АИР80В16/4Е</td><td>0,12/0,55</td><td>2,0/1,6</td><td>15,0/71,0</td><td>0,58/0,65</td><td>12,0/4,0</td><td>2,1/3,5</td><td>1,8/3,3</td><td>1,7/2,0</td><td></td></tr>
<tr><td>АИР90L16/4E</td><td>0,15/0,75</td><td>2,1/1,9</td><td>16,0/77,0</td><td>0,55/0,70</td><td>8,0/4,0</td><td>1,9/2,7</td><td>1,4/2,4</td><td>1,4/2,4</td><td>2,0/7,0</td></tr>
</table>

Таблица 3.10.12. **Технические данные АД типа РА**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">$P_{ном}$, кВт</th><th rowspan="2">$n_{ном}$, об/мин</th><th rowspan="2">η, %</th><th rowspan="2">$\cos\varphi_{ном}$</th><th rowspan="2">$I_{ном}$, А</th><th colspan="3">Пусковые характеристики</th></tr>
<tr><th>$\frac{I_п}{I_{ном}}$</th><th>$\frac{M_п}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$</th></tr>
<tr><td colspan="9">Синхронная частота вращения 3000 об/мин</td></tr>
<tr><td>56A</td><td>0,09</td><td>2820</td><td>54</td><td>0,70</td><td>0,36</td><td>4,1</td><td>2,6</td><td>2,7</td></tr>
<tr><td>56B</td><td>0,12</td><td rowspan="3">2050</td><td>70</td><td>0,63</td><td>0,42</td><td>4,0</td><td>3,0</td><td>3,1</td></tr>
<tr><td>63A</td><td>0,18</td><td>74</td><td rowspan="2">0,65</td><td>0,61</td><td>4,2</td><td rowspan="3">3,1</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>63B</td><td>0,25</td><td>75</td><td>0,85</td><td>4,1</td><td>3,3</td></tr>
<tr><td>71CA</td><td>0,37</td><td>2830</td><td>73</td><td>0,67</td><td>1,2</td><td rowspan="2">4,2</td><td>3,6</td></tr>
<tr><td>71CB</td><td>0,55</td><td>2820</td><td>75</td><td rowspan="2">0,77</td><td>1,44</td><td>2,5</td><td rowspan="2">3,1</td></tr>
<tr><td>80A</td><td>0,75</td><td>2880</td><td>81</td><td>1,76</td><td>6,9</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td>80B</td><td>1,1</td><td>2850</td><td>78</td><td>0,86</td><td>2,5</td><td>5,2</td><td>2,1</td><td>2,2</td></tr>
<tr><td>90S</td><td>1,5</td><td>2880</td><td>81</td><td>0,80</td><td>3,5</td><td>5,9</td><td>2,4</td><td>2,8</td></tr>
<tr><td>90L</td><td>2,2</td><td>2860</td><td>82</td><td rowspan="2">0,87</td><td>4,7</td><td>5,7</td><td rowspan="4">2,0</td><td>2,3</td></tr>
<tr><td>100L</td><td>3</td><td>2920</td><td rowspan="2">84</td><td>6,2</td><td>6,5</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td>112M</td><td>4</td><td>2910</td><td>0,88</td><td>8,2</td><td>6,1</td><td>2,7</td></tr>
<tr><td>132SA</td><td>5,5</td><td rowspan="5">2920</td><td>85</td><td>0,86</td><td>11,5</td><td>7</td><td>2,2</td></tr>
<tr><td>132SB</td><td>7,5</td><td>87</td><td rowspan="4">0,87</td><td>15,1</td><td rowspan="14">7,0</td><td rowspan="7">2</td><td rowspan="14">2,2</td></tr>
<tr><td>160MA</td><td>11</td><td>88</td><td>21,8</td></tr>
<tr><td>160MB</td><td>15</td><td rowspan="2">89</td><td>29,5</td></tr>
<tr><td>160L</td><td>18,5</td><td>35,9</td></tr>
<tr><td>180M</td><td>22</td><td>2940</td><td>89</td><td rowspan="10">0,89</td><td>42,2</td></tr>
<tr><td>200LA</td><td>30</td><td rowspan="2">2950</td><td>90</td><td>56,9</td></tr>
<tr><td>200LB</td><td>37</td><td>90,5</td><td>69,8</td></tr>
<tr><td>225M</td><td>45</td><td rowspan="4">2970</td><td rowspan="3">91,5</td><td>84</td><td rowspan="7">1,8</td></tr>
<tr><td>250M</td><td>55</td><td>102,6</td></tr>
<tr><td>280S</td><td>75</td><td>140</td></tr>
<tr><td>280M</td><td>90</td><td>92</td><td>167</td></tr>
<tr><td>315S</td><td>110</td><td rowspan="3">2982</td><td>92,5</td><td>202</td></tr>
<tr><td>315MA</td><td>132</td><td>93,0</td><td>241</td></tr>
<tr><td>315MB</td><td>160</td><td>93,5</td><td>291</td></tr>
</table>

Тип	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	$I_{ном}$, А	Пусковые характеристики		
						$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$
Синхронная частота вращения 1500 об/мин								
56A	0,06	1400	66	0,63	0,214	3,2	2,9	3,0
56B	0,09	1410	68	0,56	0,352	3,0	2,6	2,7
63A	0,12	1360	62	0,69	0,418		2,1	2,1
63B	0,18		64	0,71	0,61	3,1	2,2	2,5
71CA	0,25		57	0,68	1,04	2,7	2,6	2,6
71CB	0,37	1350	61	0,67	1,35	3,0		2,3
80A	0,55	1405	71	0,60	1,95	3,4	2,9	2,7
80B	0,75	1410	67	0,64	2,6	4,0	2,4	2,4
90S	1,1	1390	71	0,75	3,1	4,2	2,5	2,5
90L	1,5	1425	76	0,77	3,8	4,8	2,1	
100L	2,2	1440	80	0,75	5,5	5,3	2,2	3,0
100LB	3	1445	83	0,76	7,3	5,1	2,3	2,6
112M	4	1440		0,79	9,4	5,3	2,5	2,7
132S	5,5		87	0,86	11,2	7,0	2,2	2,3
132M	7,5	1450			15,2	6,5		
160M	11		88,5		22	7,0	2,0	
160L	15		89,5	0,85	30		2,2	
180M	18,5	1470	91	0,86	35,9		2,0	2,2
180L	22		91,5		42,5			
200L	30		92,2	0,87	56,8			
225S	37	1480	91,8		70,4		1,9	
225M	45		92,3	0,88	84,2			
250M	55		92,6		102,5		2,0	
280S	75		92,7		139,7		1,9	
280M	90		93,6	0,89	164			
315S	110	1487	93,5		200		1,8	
315MA	132		94,0		239			
315MB	160		94,5		288			

Тип	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	$I_{ном}$, А	Пусковые характеристики		
						$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$
Синхронная частота вращения 1000 об/мин								
71A	0,18	905	53	0,58	0,89	3,0	2,4	2,3
71B	0,25	910	55		1,19		2,1	2,1
80A	0,37	930	60	0,61	1,56	3,1	2,3	2,3
80B	0,55	920	63	0,62	2,1	3,2	2,7	2,6
90S	0,75	940	64		2,9	3,0	2,2	2,3
90L	1,1	930	72	0,64	3,7	3,6	2,6	2,8
100L	1,5	960	80	0,65	4,4	3,8	2,0	2,4
112M	2,2		83	0,70	5,9	4,5	2,21	
132S	3		83,5	0,76	7,2	6,5		2,3
132MA	4			0,75	9,7			
132MB	5,5		86	0,77	12,7			
160M	7,5		87		17		2,0	
160L	11		88	0,79	24			
180L	15	970	89,5	0,81	31,4		1,8	2,0
200LA	18,5		89,8	0,83	37,7			
200LB	22		90,2		44,6			
225M	30	980		0,85	59,5		1,7	
250M	37		90,8	0,86	72		1,8	
280S	45	980	92	0,87	85,4	6,5	1,8	2
280M	55				104,4			
315S	75	988	93,0		140		1,6	
315MA	90		93,4		168			
315MB	110		93,7		204			
315ML	132	989	94,0		245			
Синхронная частота вращения 750 об/мин								
71B	0,12	690	40	0,50	0,91	2,0	2,1	2,3
80A	0,18				1,37	2,2	2,5	2,6

Тип	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	η, %	$\cos\varphi_{ном}$	$I_{ном}$, А	Пусковые характеристики		
						$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$
80B	0,25	700	45	0,57	1,48	2,6	2,3	2,5
90S	0,37		48	0,59	2,00	2,8	2,4	2,3
90L	0,55		53	0,53	3,0	2,6	2,2	2,0
100LA	0,75	720	56		3,8	3,0	2,0	2,6
100LB	1,1	705	63	0,50	5,3	3,2		2,4
112M	1,5	715	66	0,60	5,7			2,3
132S	2,2	720	81	0,71	5,8	5,5	2,2	2,2
132M	3		82	0,72	7,7			
160MA	4		83,5	0,76	9,57			
160MB	5,5		85	0,77	12,8			
160L	7,5		86		17,2			
180L	11	730	86,5	0,76	25,1	6	1,7	2
200L	15		88		34,1		1,8	
225S	18,5	730	89,5	0,76	41,3	6,0	1,7	2,0
225M	22		90	0,78	47,6		1,8	
250M	30	740	90,5	0,80	63			
280S	37		91	0,79	78,2			
280M	45	742	91,7	0,80	93,2			
315S	55		92,5		113		1,6	
315MA	75	741	93,0	0,81	151	6,5		
315MB	90			0,82	179			

Синхронные электродвигатели

В системах промышленного электроснабжения наиболее целесообразна установка крупных синхронных двигателей (СД) напряжением выше 1 кВ. Они применяются в тех случаях, когда необходимо иметь строго постоянную частоту вращения или нужен мощный двигатель с малой частотой вращения. Имея такие эксплуатационные качества, как высокая перегрузочная способность, большие, чем у АД, КПД и повышенную устойчивость при снижении напряжения, СД успешно используется в мощных установках продолжительного режима (например, для привода насосов в системах водоснабжения и канализации).Когда СД по

своей мощности могут обеспечить регулирование напряжения или режима реактивной мощности в узле нагрузки, они должны иметь автоматическое регулирование возбуждения.

Следует отметить, что у СД с тиристорным возбуждением быстро можно погасить поле ротора, что облегчает использование их в схемах электроснабжения с АВР, а также для быстрой ресинхронизации, которую осуществляют по необходимости при выпадении СД из синхронизма. Наиболее распространен прямой пуск СД с невозбужденным ротором. СД имеют более высокую производительность рабочего агрегата, чем АД, поскольку скорость СД не зависит от нагрузки в нормальных режимах работы.

Основные технические данные СД напряжением выше 1 кВ приведены ниже.

Обозначение СД: С — синхронный; Д — двигатель; Н — нормальный; З — закрытый; Т — трехфазный; УХЛЗ — климатическое исполнение и категория размещения. У всех двигателей серии СДН $\cos\varphi_{ном}$ = 0,9. Возбуждение, управление пуском и остановом электродвигателей серии СДН осуществляются от тиристорных возбудителей.

Таблица 3.10.13. **Технические данные СД типа СДН напряжением выше 1 кВ**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">$P_{ном}$, кВт</th><th rowspan="2">$U_{ном}$, кВ</th><th rowspan="2">$n_{ном}$, об/мин</th><th colspan="4">Пусковые характеристики</th><th rowspan="2">η, %</th></tr>
<tr><th>$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{I_п}{I_{ном}}$</th><th>$\frac{M_п}{M_{ном}}$</th><th>$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$</th></tr>
<tr><td>СДН14-49-6У3
СДН314-49-6У3</td><td>800</td><td rowspan="6">10</td><td rowspan="6">1000</td><td>2,2</td><td rowspan="2">7,5</td><td>1,5</td><td>1,2</td><td>94</td></tr>
<tr><td>СДН14-59-6У3
СДН314-59-6У3</td><td>1000</td><td>2,1</td><td>1,8</td><td>1,36</td><td>95</td></tr>
<tr><td>СДН15-39-6У3
СДН315-39-6У3</td><td>1250</td><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4">7</td><td rowspan="2">0,7</td><td rowspan="2">1,2</td><td>94,5</td></tr>
<tr><td>СДН15-49-6У3
СДН315-49-6У3</td><td>1600</td><td>95,2</td></tr>
<tr><td>СДН15-64-6У3
СДН315-64-6У3</td><td>2000</td><td rowspan="2">0,8</td><td>1,3</td><td>95,8</td></tr>
<tr><td>СДН15-76-6У3
СДН315-76-6У3</td><td>2500</td><td>1,2</td><td>96</td></tr>
</table>

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$	
СДН14-41-8У3 СДН314-41-8У3	630	6	750	2,3	7	1,2	1,2	94,6
СДН14-46-8У3 СДН314-46-8У3	800			2,2		0,8	1,4	
СДН14-59-8У3 СДН314-59-8У3	1000			2,6		1,3	1,3	94,8
СДН15-39-8У3 СДН315-39-8У3	1250			2		0,6	1,0	
СДН15-49-8У3 СДН315-49-8У3	1600	6	750	2	7	0,7	1,1	95,6
СДН15-64-8У3 СДН315-64-8У3	2000			2,2		0,8	1,4	96
СДН14-59-8У3 СДН314-59-8У3	630	10		2,4	7,6	1,5	1,5	94
СДН15-59-8У3 СДН315-59-8У3	800					1,3	1,3	
СДН15-64-8У3 СДН315-64-8У3	1600			2,6	7,2	1,2	1,4	95
СДН16-64-8У3 СДН316-64-8У3	2000			2,1	7	1,3	1,5	94,8
СДН14-44-10У3 СДН314-44-10У3	630	6	600	2	6	1	1	93,5
СДН14-56-10У3 СДН314-56-10У3	800						1,2	94
СДН15-39-10У3 СДН315-39-10У3	1000				6,5	0,8	1,4	94,6
СДН15-49-10У3 СДН315-49-10У3	1250			2,2		1	1,2	95
СДН15-64-10У3 СДН315-64-10У3	1600			2			1,3	95,7

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$	
СДН16-54-10У3 СДН316-54-10У3	2000	6	600	1,7	7	1,2	1,1	95,7
СДН15-49-10У3 СДН315-49-10У3	1000	10		2,5	7,1		1,5	94
СДН15-64-10У3 СДН315-64-10У3	1250			2,2	6,6	0,9		94,7
СДН16-54-10У3 СДН316-54-10У3	1600				6,0	1	1,3	94,6
СДН14-36-12У3 СДН314-36-12У3	400	6	500		5,7	0,6	1,4	92,4
СДН14-44-12У3 СДН314-44-12У3	500			2	5,3	0,7		93,2
СДН15-34-12У3 СДН315-34-12У3	630			2,3	5,6	1	1,1	93,6
СДН15-39-12У3 СДН315-39-12У3	800			2	4,9	0,7		94
СДН15-49-12У3 СДН315-49-12У3	1000				5	0,9	1	94,6
СДН16-41-12У3 СДН316-41-12У3	1250			2,2	6	0,8	1,4	
СДН16-51-12У3 СДН316-51-12У3	1600	6	500	2	6	0,9	1,4	95,1
СДН15-49-12У3 СДН315-49-12У3	800	10		2,2		0,85	1,45	93,2
СДН16-51-12У3 СДН316-51-12У3	1250			2	7,5	1	1,5	93,8
СДН15-21-16У3 СДН315-21-16У3	315	6	375	2	4,6	0,6	0,9	90
СДН15-26-16У3 СДН315-26-16У3	400					0,7	1,1	

Продолжение табл. 3.10.13

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики $\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s\text{-}0,05}}{M_{ном}}$	η, %
СДН15-34-16У3 СДН315-34-16У3	500	6	375	2,1	5	0,7	1,2	92
СДН15-41-16У3 СДН315-41-16У3	630			2,2				
СДН16-41-16У3 СДН316-41-16У3	1000				6,0	0,9	1,4	94
СДН16-41-16У3 СДН316-41-16У3	630	10		2,9	7,3		1,7	92,4
СДН15-29-20У3 СДН315-29-20У3	315	6	300	2	3,6	0,6	0,7	90,2
СДН15-36-20У3 СДН315-36-20У3	400				3,5			90,5
СДН315-36-20У3	400		300	2	3,5	0,6	0,7	90,5
СДН-2-16-36-6У3	1000		1000	1,8	5,7	0,85	1,5	95,5
СДН-2-16-49-6У3	1250			1,9	6,6	1,1	1,8	95,9
СДН-2-16-59-6У3	1600			1,8			1,7	96,2
СДН-2-16-74-6У3	2000				7	1,2		96,6
СДН-2-17-56-6У3	2500	6		1,9	6,8	1,3	1,5	96,7
СДН-2-17-71-6У3	3150			1,7	6,6		1,4	96,9
СДН-2-17-89-6У3	4000				7	1,4		97,1
СДН-2-16-36-8У3	800	6	750	1,9	5,5	0,9	1,5	94,9
СДН-2-16-46-8У3	1000			1,8	5,8	1		95,4
СДН-2-16-59-8У3	1250			1,7				95,7
СДН-2-17-44-8У3	1600			1,8	5,9	1,1	1,4	95,9
СДН-2-17-56-8У3	2000			1,9	6,6	1,3	1,5	96,2
СДН-2-17-71-8У3	2500				6,9	1,4		96,5
СДН-2-16-36-10У3	630		600	1,8	5,0	0,75	1,4	94,6
СДН-2-16-44-10У3	800						1,3	95,1
СДН-2-16-56-10У3	1000			1,9	5,4	0,8	1,4	95,3
СДН-2-17-44-10У3	1250					1,1	1,2	95,5
СДН-2-17-51-10У3	1600			1,8	5,2	1		95,9

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s\text{-}0,05}}{M_{ном}}$	
СДН-2-17-64-10У3	2000	6	600	1,7	5,0	1	1,0	96,1
СДН-2-16-36-12У3	500		500	1,9	5,2		1,3	93,7
СДН-2-16-44-12У3	630				5,1			94,2
СДН-2-17-31-12У3	800				4,7		1,1	94,3
СДН-2-17-39-12У3	1000			1,8	4,5		1	94,9
СДН-2-17-49-12У3	1250			1,9	5,2	1,1	1,2	95,3
СДН-2-17-19-16У3	315		375	2,1	4,6	0,9	1,1	91,1
СДН-2-17-21-16У3	400				4,4	0,85		91,4
СДН-2-17-26-16У3	500				4,6	0,9		92,5
СДН-2-17-31-16У3	630			2	4,5	0,85		93,2
СДН-2-17-41-16У3	800			1,8	4,2	0,75	1	94,1
СДН-2-17-26-20У3	315		300	2,6	4,5	0,90		91
СДН-2-17-31-20У3	400			2,7		0,75		91,7
СДН-2-17-41-20У3	500			2,5	4,6		1,1	92,8

Таблица 3.10.14. **Технические данные СД типа СТД напряжением выше 1 кВ**

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$, кВ	η, %	Пусковые характеристики			
					$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s\text{-}0,05}}{M_{ном}}$
СТД-630-23УХЛ4	630	735	6,10	95,8	5,66	2,03	2,08	0,97
СТД-800-23УХЛ4	800	935		96	5,58	2,01	2,07	
СТД-1000-23УХЛ4	1000	1160		96,3	6,7	2,41	2,49	1,2
СТД-1000-23У5								
СТД-1250-23УХЛ4	1250	1450		96,8	6,48	2,07	2,24	1,27
СТД-1600-23УХЛ4	1600	1850		96,9	6,79	2,16	2,37	1,37
СТД-1600-23У5								

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$, кВ	η, %	Пусковые характеристики			
					$\frac{I_п}{I_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s\text{-}0,05}}{M_{ном}}$
СТД-2000-23УХЛ4	2000	2300	6,10	97,2	6,91	2,22	2,45	1,4
СТД-2500-23УХЛ4	2500	2870			6,16	1,75	2,11	1,34
СТД-3150-23УХЛ4	3150	3680		97,3	6,63	1,85	2,32	1,49
СТД-4000-23УХЛ4	4000	4580		97,5	6,69	1,92	2,38	1,5
СТД-5000-23УХЛ4	5000	5740		97,6	7,72	2,07	2,62	1,64
СТД-630-2РУХЛ4	630	735		95,8	5,66	2,03	2,08	0,97
СТД-800-2РУХЛ4	800	935		96	5,58	2,01	2,07	
СТД-1000-2РУХЛ4	1000	1160		96,3	6,7	2,41	2,49	1,2
СТД-1250-2РУХЛ4	1250	1450		96,8	6,48	2,07	2,24	1,27
СТД-1600-2РУХЛ4	1600	1850		96,9	6,79	2,16	2,37	1,37
СТД-2000-2РУХЛ4	2000	2300			6,91	2,22	2,45	1,4
СТД-2500-2РУХЛ4	2500	2870		97,2	6,16	1,75	2,11	1,34
СТД-3150-2РУХЛ4	3150	3680		97,3	6,63	1,85	2,32	1,49
СТД-4000-2РУХЛ4	4000	4580		97,5	6,69	1,92	2,38	1,5
СТД-4000-2ГРУХЛ4		4540						
СТД-5000-2РУХЛ4	5000	5740		97,6	7,72	2,07	2,62	1,64
СТД-6300-23УХЛ4	6300	7200			6,28	1,62	2,05	1,65
СТД-8000-23УХЛ4	8000	9100		97,9	6,93	1,76	2,29	1,83
СТД-10000-23УХЛ4	10000	11400		97,8	8,1	2,06	2,75	2,14
СТД-12500-23УХЛ4	12500	14200		97,9	8,86	2,24	3,04	2,35

Таблица 3.10.15. **Двигатели трехфазные синхронные**

$n_{ном}$, об/мин	Наименьшее значение $P_{ном}$, кВт, при $U_{ном}$, кВ			
	0,38	0,66	6	10
3000	—	—	630	630
1500	132 (500)*	160 (500)*	250	630
1000	110 (400)	160 (400)	250	500
750	75 (400)	160 (400)	250	500
600	90 (400)	160 (400)	250	500
500	132 (400)	160 (400)	250	500

$n_{ном}$, об/мин	Наименьшее значение $P_{ном}$, кВт, при $U_{ном}$, кВ			
	0,38	0,66	6	10
375	—	—	315	500
300	—	—	315	500
250	—	—	315	630
187,5	—	—	315	630
166,6	—	—	315	630
150	—	—	630	630
125	—	—	1250	1250
100	—	—	1000	1000

*В скобках приведены наибольшие значения $P_{ном}$.

Таблица 3.10.16. **Двигатели синхронные вертикальные для привода гидравлических насосов**

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
ВДС2-325/49-16УХЛ4	5000	375	10 000	47,2	IP43
ВДС2-325/69-16УХЛ4	8000			58,3	
ВДС2-325/49-18УХЛ4	5000	333		51	
ВДС2-375/64-20УХЛ4	6300	300		60	
4СДВ-2150К-20(10)				54,8	
СДВ-1700К-24	3550	250		44,5	
4СДВ-2150К-24(10)	5600			57,0	
5СДВ-2150К-24(10)				54,7	
ВДС-375/89-24УХЛ4	10000			100,3	
ВДС-375/105-24УХЛ4	12500			117,4	
ВДС-375/125-28УХЛ4		214,3		123,6	
ВДС-375/89-32УХЛ4	8000	187,5		104,2	
ВДС2-325/44-16УХЛ4	5000	375	6000	46,4	
ВДС2-325/44-18УХЛ4	5000	333		47,4	

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
ВДС2-325/44-20УХЛ4	4000	300	6000	47,3	IP43
4СДВ-2150К-20(6)	6300			54,8	
ВДС2-325/59-24УХЛ4	5000	250		51,4	
4СДВ-2150К-24(6)	5600			57,0	
СДВ3-143/51-8УХЛ4	1600	750	10000	11,3	
СДВ3-143/51-10УХЛ4	1250	600		11,0	
СДВ3-173/49-10УХЛ4	2000			16,3	
СДВ3-215/49-10УХЛ4	3150			24,1	
СДВ3-143/51-12УХЛ4	1000	500		9,9	
СДВ3-173/49-12УХЛ4	1600			14,5	IP23
СДВ2-143/34-8УХЛ4	1250	750	6000	8,7	
СДВ2-143/41-8УХЛ4	1600			9,3	
СДВ2-143/34-10УХЛ4	1000	600		8,8	
СДВ2-143/51-10УХЛ4	1600			10,5	
СДВ2-215/41-10УХЛ4	3150			21,7	
СДВ2-143/41-12УХЛ4	1000	500	6000	8,6	IP23
СДВ2-143/51-12УХЛ4	1250			9,4	
СДВ2-173/39-12УХЛ4	1600			12,9	
СДВ2-173/46-12УХЛ4	2000			13,8	
СДВ2-215/49-12УХЛ4	3150			22,8	
СДВ2-173/46-16УХЛ4	1600	375	11000	13,3	
СДВ2-215/49-16УХЛ4	2500			20,6	
СДВ3-173/39-12Т	1000	500		13,35	
СДВ3-173/49-10Т	1600	600		16,23	
Производитель: ОАО "Уралэлектротяжмаш" (г. Екатеринбург)					

Таблица 3.10.17. **Двигатели синхронные горизонтальные для привода мельниц, насосов и др.**

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
СДМ4-215/26-24	630	250	6000	9,75	IP21
СДМ4-215/26-32	400	187,5		9,95	
4СДМ-1500М-32	1250			17,2	
4СДМП-1500М-32				17,6	IP43
4СДМ-1500К-36	900	166,6		16,2	IP21
4СДМП-1500К-36				16,3	IP43
4СДМ-1500L-36	1000			17,0	
4СДМ-1500S-36	1120			17,8	IP21
4СДМП-1500L-36Т	1250	200		17,5	IP43
4СДЭУМ-15/39-6	1250	1000	6000	9,4	IP21
ДСП-143/84-4УХЛ4	2500	1500	10000	15,6	
ДСП-118/44-4УХЛ4	1250		6000	7,0	
ДСП-140/74-4УХЛ4	2000			12,8	
ДСПУ-140/84-4УХЛ4	2500			15,6	IP43
ДСП-140/74-4УХЛ4	3150			12,8	
ДСП-170/74-4УХЛ4	5000			21	
ДСП-170/74-4Т4	4000		6600		
ДСЗ-170/74-4УХЛ4*	5000	1500	6000	20,6	
ДСЗ-170/80-4УХЛ4*	6300			22,5	IP43
ДСП-173/64-8УХЛ4	2000	750	10000	16,84	IP43

*Двигатели изготавливают во взрывозащищенном исполнении.
Производитель: ОАО "Уралэлектротяжмаш" (г. Екатеринбург)

Таблица 3.10.18. **Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции обмоток машин постоянного тока**

Температура обмотки, °C	Сопротивление изоляции $R_{60''}$, МОм, при номинальном напряжении машин, В				
	230	460	650	750	900
10	2,7	5,3	8,0	9,3	10,8
20	1,85	3,7	5,45	6,3	7,5
30	1,3	2,6	3,8	4,4	5,2
40	0,85	1,75	2,5	2,9	3,5
50	0,6	1,2	1,75	2,0	2,35
60	0,4	0,8	1,15	1,35	1,6
70	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0
75	0,22	0,45	0,65	0,75	0,9

Таблица 3.10.19. **Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции для электродвигателей**

Температура обмотки, °C	Сопротивление изоляции $R_{60''}$, МОм, при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3—3,15	6—6,3	10—10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

Средние значения коэффициентов наибольшей допустимой нагрузки СД по реактивной мощности, $K_{зQСД}$

Серия, номинальное напряжение	Частота вращения двигателя, об/мин	Напряжение на зажимах двигателя, отн. ед	Коэффициент загрузки двигателя по активной мощности		
			0,9	0,8	0,7
СДН, 6 и 10 кВ	Для всех частот	0,95	1,31	1,39	1,45
		1,0	1,21	1,27	1,33
		1,05	1,06	1,12	1,17
СДН, 6 кВ	600...1000	1,1	0,89	0,94	0,96
	375...500	1,1	0,88	0,92	0,94

Продолжение табл.

Серия, номинальное напряжение	Частота вращения двигателя, об/мин	Напряжение на зажимах двигателя, отн. ед	Коэффициент загрузки двигателя по активной мощности		
			0,9	0,8	0,7
	187...300	1,1	0,86	0,88	0,90
	100...167	1,1	0,81	0,85	0,87
СДН, 10 кВ	1000	1,1	0,90	0,98	1,0
	250...750	1,1	0,86	0,90	0,92
СТД, 6 и 10 кВ	3000	0,95	1,30	1,42	1,52
		1,0	1,23	1,34	1,43
		1,05	1,12	1,23	1,31
		1,1	0,90	1,08	1,16
СДЗ и СД, 380 В	Для всех частот	0,95	1,16	1,26	1,36
		1,0	1,15	1,24	1,32
		1,05	1,10	1,18	1,25
		1,1	0,90	1,06	1,15

3.11. Выключатели нагрузки

Выключатели нагрузки применяют в установках напряжением 6—10 кВ на РП и ЦТП. Они предназначены для работы в шкафах КРУ, камерах КСО и КТП внутренней установки на напряжение до 10 кВ. Структура условного обозначения: В — выключатель; Н — нагрузки; Р — с ручным приводом; П — с пружинным приводом; п — со встроенным предохранителем; у — с усиленной контактной системой; *первое число* — номинальное напряжение, кВ; *второе число* — номинальный ток, А; *третье число* — номинальное значение периодической составляющей сквозного тока КЗ, кА; з — с заземляющими ножами; п — заземляющие ножи расположены за предохранителем; 3 — наличие устройства для подачи команды на отключение при перегорании предохранителя.

Для выключателей нагрузки серии ВН-10 номинальный и наибольший токи отключения даны при $\cos\varphi \geqslant 0,7$.

Номинальное и наибольшее рабочее напряжение равны соответственно 10 и 12 кВ. Токи отключения: активный и уравнительный равны и составляют 400 А.

Таблица 3.11.1. **Технические данные выключателей нагрузки**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Номинальный ток, А</th><th rowspan="2">Номинальный ток отключения, А</th><th rowspan="2">Наибольший ток отключения, А</th><th colspan="2">Предельный сквозной ток, кА</th><th colspan="2">Допустимый ток включения, кА</th><th rowspan="2">Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с</th><th rowspan="2">Ток отключения ХХ трансформатора, А</th></tr>
<tr><th>Амплитудное значение</th><th>Действующее значение периодической составляющей</th><th>Амплитудное значение</th><th>Действующее значение периодической составляющей</th></tr>
<tr><td>ВНР-10/400-$10_{з}$УЗ</td><td rowspan="8">400</td><td rowspan="8">400</td><td rowspan="8">800</td><td rowspan="8">25</td><td rowspan="8">10</td><td rowspan="2">2,5</td><td rowspan="4">1</td><td rowspan="8">10/1</td><td rowspan="2">1,5</td></tr>
<tr><td>$ВНР_{п}$-10/400-$10_{з}$УЗ</td></tr>
<tr><td>$ВНР_{п}$-10/400-$10_{з}$ЗУЗ</td><td rowspan="6">25</td><td rowspan="3">15</td></tr>
<tr><td>$ВНР_{п}$-10/400-$10_{зп}$УЗ</td></tr>
<tr><td>$ВНР_{п}$-10/400-$10_{зп}$ЗУЗ</td><td rowspan="4">10</td></tr>
<tr><td>$ВНП_{у}$-10/400-$10_{з}$УЗ</td><td rowspan="3">1,5</td></tr>
<tr><td>$ВНП_{у}$-10/400-$10_{зп}$УЗ</td></tr>
<tr><td>$ВНП_{уп}$-10/400-$10_{зп}$ЗУЗ</td></tr>
</table>

3.12. Низковольтное электрооборудование

Таблица 3.12.1. **Шкафы распределительные силовые СПМ 75**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Номинальный ток рубильника</th><th colspan="3">Количество групп предохранителей</th><th rowspan="2">Габариты, мм: высота, ширина, глубина</th><th rowspan="2">Масса, кг</th></tr>
<tr><th>НПН2-60</th><th>ПН2-100</th><th>ПН2-250</th></tr>
<tr><td>СПМ-75-1</td><td rowspan="3">250</td><td>5</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="3">1600 × 500 × 350</td><td rowspan="3">70</td></tr>
<tr><td>СПМ-75-2</td><td>—</td><td>5</td><td>—</td></tr>
<tr><td>СПМ-75-3</td><td>2</td><td>3</td><td>—</td></tr>
</table>

Тип	Номинальный ток рубильника	Количество групп предохранителей			Габариты, мм: высота, ширина, глубина	Масса, кг
		НПН2-60	ПН2-100	ПН2-250		
СПМ-75-4	400	8	—	—	1600 × 500 × 350	90
СПМ-75-5		—	8	—		
СПМ-76-6		4	4	—		
СПМ-75-7		—	—	5		
СПМ-75-8		—	5	2		
СПМ-75-9		2	4	2		

Таблица 3.12.2. **Шкафы распределительные силовые СПА 77**

Тип	Номинальный ток, А	Количество автоматических выключателей типа				Габариты, мм: высота, ширина, глубина	Масса, кг
		АЕ2040 (63 А)	АЕ2050 (100 А)	А3710 (160 А)	А3710 (250 А)		
СПА 77-1	250	5	—	—	—	160×700×350	100
СПА 77-2		2	—	—	—		
СПА 77-3		—	6	—	—		
СПА 77-4	400	—	—	—	4	1800×700×350	50
СПА 77-5		8	—	—	—		
СПА 77-6		4	4	—	—		
СПА 77-7		—	8	—	—		
СПА 77-8		—	—	8	—		
СПА 77-9		—	—	5	2		

Таблица 3.12.3. **Силовые распределительные устройства серии СУ 9500 с установочными автоматическими выключателями А 3110 и А 3130**

Тип	Количество автоматических выключателей, шт.		Масса, кг	Габариты, мм: высота, ширина, глубина
	А 3110	А 3130		
СУ9521-11	6	—	67	850 × 850 × 211
СУ9521-12	2	1	66	
СУ9521-14	4	—	64	
СУ9521-15	—	1	64	
СУ9522-11	8	—	79	12060 × 850 × 211
СУ9522-12	10	—	85	
СУ9522-13	2	2	76	
СУ9522-16	4	1	77	
СУ9522-17	6	1	84	
СУ9522-18	—	2	83	
СУ9523-11	12	—	94	1165 × 850 × 211
СУ9523-12	—	3	91	
СУ9523-13	8	1	93	
СУ9523-14	4	2	92	
СУ9531-11	6	—	68	850 × 850 × 211
СУ9531-12	2	1	70	
СУ9531-14	4	—	63	
СУ9531-15	—	1	65	
СУ9541-11	1	1	64	
СУ9541-12	—	1	66	
СУ9532-11	8	—	82	1060 × 850 × 211
СУ9532-12	10	—	82	
СУ9532-13	2	2	82	
СУ9532-16	4	1	80	
СУ9532-17	6	1	88	

Тип	Количество автоматических выключателей, шт.		Масса, кг	Габариты, мм: высота, ширина, глубина
	А 3110	А 3130		
СУ9532-18	—	2	85	1060 × 850 × 211
СУ9542-11	8	—	83	
СУ9542-13	6	—	75	
СУ9542-14	2	1	71	
СУ9542-15	4	1	81	
СУ9542-16	—	2	86	
СУ9533-11	12	—	98	1165 × 850 × 211
СУ9533-12	—	3	95	
СУ9533-13	8	1	98	
СУ9533-14	4	2	96	
СУ9543-11	10	—	92	
СУ9543-12	6	1	89	
СУ9543-13	2	2	92	

Таблица 3.12.4. **Основные технические данные ящиков распределительных серии ЯРП11**

Типоисполнение ящика	Номинальный ток ящика, А	Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А	Номинальное напряжение, В	Тип встраиваемых аппаратов	Число полюсов
ЯРП11-301-32У3 ЯРП11-301-54У1 ЯРП11-301-Х54У1	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	380 переменного тока частотой 50, 60 Гц	Рубильник Р26-31370-00У3 Предохранители ПН2-100-10	3
ЯРП11-302-32У3 ЯРП11-302-54У1 ЯРП11-302Х54У1	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	220 постоянного тока	Рубильник Р26-31270-00У3 Предохранители ПН2-100-10	2

Типоисполнение ящика	Номинальный ток ящика, А	Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А	Номинальное напряжение, В	Тип встраиваемых аппаратов	Число полюсов
ЯРП11-341-32У3 ЯРП11-341-54У1 ЯРП11-341-Х54У1	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	380 переменного тока частотой 50, 60 Гц	Рубильник Р26-35370-00У3 Предохранители ПН2-250-10	3
ЯРП11-342-32У3 ЯРП11-342-54У1 ЯРП11-342Х54У1	250	80, 100, 120 150, 200, 250	220 постоянного тока	Рубильник Р26-35270-00У3 Предохранители ПН2-250-10	2

Примечания. 1. Ящики с предохранителями ПН2 допускают работу в сетях напряжением до 500 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

2. Номинальный ток ящика и плавкой вставки снижается: для ящиков степени защиты IP32 — на 10 %, для ящиков степени защиты IP54 — на 20 %.

Таблица 3.12.5. **Распределительные силовые шкафы серии ШРСУЗ**

Тип	Степень защиты	$I_{ном}$, А	Число отходящих линий, $I_{п.ном}$, А	Размеры, мм (высота, ширина, глубина)
ШРС1-20У3	IP22	250	5 × 60	1600 × 500 × 380
ШРС1-50У3	IP54	175	5 × 60	1600 × 500 × 380
ШРС1-21У3	IP22	250	5 × 100	1600 × 500 × 380
ШРС1-51У3	IP54	175	5 × 100	1600 × 500 × 380
ШРС1-22У3	IP22	250	2 × 60 + 3 × 100	1600 × 500 × 380
ШРС1-52У3	IP54	175	2 × 60 + 3 × 100	1600 × 500 × 380
ШРС1-23У3	IP22	400	8 × 60	1600 × 700 × 580
ШРС1-53У3	IP54	280	8 × 60	1600 × 700 × 580
ШРС1-24У3	IP22	400	8 × 100	1600 × 700 × 580
ШРС1-54У3	IP54	280	8 × 100	1600 × 700 × 580
ШРС1-25У3	IP22	400	4 × 60 + 4 × 100	1600 × 700 × 580
ШРС1-55У3	IP54	280	4 × 60 + 4 × 100	1600 × 700 × 580
ШРС1-26У3	IP22	400	5 × 250	1600 × 700 × 580
ШРС1-56У3	IP54	280	5 × 250	1600 × 700 × 580
ШРС1-27У3	IP22	400	5 × 100 + 2 × 250	1600 × 700 × 580
ШРС1-57У3	IP54	280	5 × 100 + 2 × 250	1600 × 700 × 580
ШРС1-28У3	IP22	400	2 × 60 + 4 × 100 + 2 × 250	1600 × 700 × 580
ШРС1-587У3	IP54	280	2 × 60 + 4 × 100 + 2 × 250	1600 × 700 × 580

Таблица 3.12.6. **Типоисполнения распределительных пунктов серии ПР8513**

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры (высота × ширина × глубина) мм	$i_{уд}$, кА
			вводный	распределения			
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП14-27	ВА04-36-34 или ВА51-35-34 на ток 80—160 А при $I_{ном}$ до 400 А; 80—250 А при $I_{ном}$ = 630 А	АЕ2046М на ток 0,6...63 А		
ПР8513-35-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-35-00-3XX-21	250	—	2 0	8 12	800 × 800 × 200	20
ПР8513-35-00-IXX-21-IXX-54	—		—		10 14	1000 × 800 × 200	
ПР8513-35-10(11)-IXX-21-IXX-54	ПР8513-35-10-3XX-21		—		4 6	800 × 800 × 200	
ПР8513-35-10(11)-IXX-21-IXX-54	—		—		8 10	1000 × 800 × 200	
ПР8513-35-10(11)-IXX-21-IXX-54	ПР8513-35-10(11)-2XX-21-2XX-54		—		10 12	1200 × 800 × 360	
ПР8513-35-10(11)-IXX-21-IXX-54	—		—		4 6	800 × 800 × 250	
ПР8513-35-20-IXX-21-IXX-54	—		—		10 12	1000 × 800 × 200	
ПР8513-35-21-IXX-21-IXX-54	—		—		4 6	800 × 800 × 250	
ПР8513-35-21-IXX-21-IXX-54	—		—		10 12	1000 × 800 × 250	

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры (высота × ширина × глубина) мм	$i_{уд}$, кА
			вводный	распределения			
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП14-27	ВАО4-36-34 или ВА51-35-34 на ток 80—160 А при $I_{ном}$ до 400 А; 80—250 А при $I_{ном}$ = 630 А	АЕ2046М на ток 0,6...63 А		
ПР8513-37-00-IXX-21-IXX-54	—	400	—	2 4 6 0	8 4 0 12	800 × 800 × 200	20
ПР8513-37-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-37-00-2XX-21-2XX-54	400	—	2 4 0	14 10 16	1000 × 800 × 200 1200×800×360***	25
ПР8513-37-10(11)-IXX-21-IXX-54	—	400	—	2 4 0	4 0 6	1000 × 800 × 360	
ПР8513-37-10(11)-IXX-21-IXX-54	ПР8513-37-10(11)-2XX-21-2XX-54		—	2 4 6 0	8 4 0 10	1200 × 800 × 360	
ПР8513-37-20-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4	4 0	800 × 800 × 360	
ПР8513-37-20-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4 6 0	8 4 0 10	1000 × 800 × 360	
ПР8513-37-20-IXX-21-IXX-54	ПР8513-37-20-2XX-21-2XX-54		—	2 4 6 0	10 8 0 12	1200 × 800 × 360	
ПР8513-37-21-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4	4 0	800 × 800 × 360	

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры (высота × ширина × глубина) мм	$i_{уд}$, кА
			вводный	распределения			
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП14-27	ВА04-36-34 или ВА51-35-34 на ток 80—160 А при $I_{ном}$ до 400 А; 80—250 А при $I_{ном}$ = 630 А	АЕ2046М на ток 0,6...63 А		
ПР8513-37-21-IXX-21-IXX-54	—	400	—	2 4 6 0	8 4 0 10	1000 × 800 × 360	25
ПР8513-37-21-IXX-21-IXX-54	ПР8513-37-21-2XX-21-1XX-54		—	2 4 6 0	10 8 0 12	1200 × 800 × 360	
ПР8513-39-00-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4 0	6 4 10	800 × 800 × 360	
ПР8513-39-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-39-00-2XX-21-2XX-54	630	—	2 4 0	12 6 16	1000 × 800 × 360 1200×800×360***	
ПР8513-39-10(11)-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4	4 0	1000 × 800 × 360	
ПР8513-39-10(11)-IXX-21-IXX-54	ПР8513-39-10(11)-2XX-21-2XX-54	630	—	2 4 0	6 2 8	1200 × 800 × 360	25
—	ПР8513-39-10(11)-2XX-21-2XX-54	630	—	2 4 0 6 4	10 6 12 0 2	1400 × 800 × 360	25
ПР8513-39-20-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4 0	6 0 8	1000 × 800 × 360	

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры (высота × ширина × глубина) мм	$i_{уд}$, кА
			вводный	распределения			
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП14-27	ВА04-36-34 или ВА51-35-34 на ток 80—160 А при $I_{ном}$ до 400 А; 80—250 А при $I_{ном}$ = 630 А	АЕ2046М на ток 0,6...63 А		
ПР8513-39-20-IXX-21-IXX-5	ПР8513-39-20-2XX-21-2XX-54	630	—		8 6 12	1200 × 800 × 360	25
—	ПР8513-39-20-2XX-21-2XX-54		—	2 4 0 6	12 10 16 0	1400 × 800 × 360	
ПР8513-39-21-IXX-21-IXX-54	—		—	2 4 0	6 0 8	1000 × 800 × 360	
ПР8513-39-21-IXX-21-IXX-54	ПР8513-39-21-2XX-21-2XX-54		—		8 6 10	1200 × 800 × 360	
—	ПР8513-39-21-2XX-21-2XX-54		—	2 4 0 6	12 10 16 0	1400 × 800 × 360	

Таблица 3.12.7. **Типоисполнения распределительных пунктов серии ПР8513**

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры (высота × ширина × ×глубина) мм	$i_{уд}$, кА
			вводный	распределения			
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП14-27	АЕ2046М на ток 0,6...63 А	ВА51-25 на ток 6,3—25 А		
ПР8513-29-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-29-00-3XX-21	63	—	8	10	600 × 600 × 160	6,3
ПР8513-29-10-IXX-21-IXX-54	ПР8513-29-10-3XX-21		—	2	8 4	600 × 600 × 160	
ПР8513-31-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-31-00-3XX-21	100	—	8	10	600 × 600 × 160	
ПР8513-31-10-IXX-21-IXX-54	ПР8513-31-10-3XX-21		—	4	8	600 × 600 × 160	
ПР8513-31-20-IXX-21-IXX-54	—		—	6	8	600 × 600 × 250	
ПР8513-31-21-IXX-21-IXX-54	—		—	6	8	600 × 600 × 250	
ПР8513-33-00-IXX-21-IXX-54	ПР8513-33-00-3XX-21	160	—	12	16	800 × 800 × 160	10
ПР8513-33-10-IXX-21-IXX-54	ПР8513-33-10-3XX-21		—	8	12	800 × 800 × 160	

Таблица 3.12.8. **Осветительные пункты серии ПОР8513**

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры, мм (высота × ширина × глубина)
			вводный	распределения		
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП 14-27	ВА61Р29 6,3—63 А	ВА21-29 0,6—63 А или ВА23-29С 6,3—63 А	
ПОР8513-26-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-26-30-3XX-21	31,5	+	12	—	400 × 300 × 160
ПОР8513-28-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-28-30-3XX-21	50	+	12	—	
ПОР8513-29-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-29-30-3XX-21	63	+	12	—	
ПОР8513-26-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-26-30-3XX-21	1,5	+	12	—	
ПОР8513-28-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-28-30-3XX-21	50	+	12	—	400 × 300 × 160
ПОР8513-29-30-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-29-30-3XX-21	63	+	12	—	
ПОР8513-26-32-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-26-32-3XX-21	31,5	+	12	—	800 × 300 × 250
ПОР8513-28-32-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-28-32-3XX-21	50	+	12	—	
ПОР8513-29-32-IXX-21-IXX-54	ПОР8513-29-32-3XX-21	63	+	12	—	

Типоисполнение		$I_{ном}$, А	Встраиваемые выключатели			Габаритные размеры, мм (высота × ширина × глубина)
			вводный	распределения		
навесное	утопленное		выключатель пакетный ПВП 14-27	ВА61Р29 6,3—63 А	ВА21-29 0,6—63 А или ВА23-29С 6,3—63 А	
ПОР8513-26-30-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-26-30-3ХХ-21	31,5	+	—	6	500 × 300 × 160
ПОР8513-28-30-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-28-30-3ХХ-21	50	+	—	6	
ПОР8513-29-30-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-29-30-3ХХ-21	63	+	—	6	
ПОР8513-26-00-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-26-30-3ХХ-21	31,5	—	—	6	400 × 300 × 160
ПОР8513-28-00-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-28-30-3ХХ-21	50	—	—	6	
ПОР8513-29-00-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-29-30-3ХХ-21	63	—	—	6	
ПОР8513-31-10-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-31-10-3ХХ-21	100	—		—	
ПОР8513-31-10-IХХ-21-IХХ-54	ПОР8513-31-10-3ХХ-21		—	12	—	200 × 400 × 160

Примечание. Ударный ток $i_{уд}$ = 6,3 кА.

Таблица 3.12.9. **Групповые щитки серий ОП, ОЩ, УОЩВ**

Тип щитка	Аппарат на вводе	Автоматические выключатели на группах		Способ установки	Масса, кг
		Тип	Число		
ОП-3УХЛ4 ОП-6УХЛ4 ОП-9УХЛ4 ОП-12УХЛ4	—	АЕ1000	3 6 9 12	Открыто	6; 9
ОЩ-6УХЛ4	Зажимы	А63	6 12	Открыто	13
ОЩ-12УХЛ4					19,5
ОЩВ-6АУХЛ4	АЕ2046-10	А3161			16,5
ОЩВ-12АУХЛ4					23
УОЩВ-6АУХЛ4				В нише	17,5
УОЩВ-12АУХЛ4					24,5

Примечание. Степень защиты IP20.

Таблица 3.12.10. **Распределительные пункты серии ПР41**

Тип пункта	Количество трехполюсных выключателей		Количество трехфазных конденсаторов КС1-038-18УЗ
	вводных А3728Ф	групповых А2046	
ПР41-4301-43У4 ПР41-4302-УЗУ4	1	4	4

Примечание. Степень защиты IP43.

Таблица 3.12.11. **Щитки осветительные взрывонепроницаемые**

Тип щитка	Аппарат на вводе	Автоматические выключатели на группах			
		Тип	Ток расцепителя	Число	
				Одно-полюсных	Трех-полюсных
ЩОВ-1А ЩОВ-2А	Трехполюсный разъединитель	АЕ2044 АЕ2046	16 50	6 12	—

Таблица 3.12.12. **Основные технические данные путевых выключателей и микропереключателей**

Тип	Номинальное напряжения, В	Номинальный ток, А	Коммутационная износостойкость при ПВ = 40...80 %, циклов ВО*	Масса, кг, не более
Выключатель путевой ВП 61-19	Переменный ток			0,0094
	380, 220, 40	0,4, 0,6, 1,6	$0{,}4 \cdot 10^6$	
	Постоянный ток			
	220, 110, 27	0,1, 0,16, 0,4	$0{,}1 \cdot 10^6$	
Выключатель путевой ВПК4000	Переменный ток			0,765
	12, 40, 110, 127, 220, 380, 660	69,3; 44; 27,5; 17,6; 17,6; 11; 8,8	$4 \cdot 10^6$	
	Постоянный ток		$0{,}25 \cdot 10^6$	
	12, 24, 110, 220, 440	5,5; 2,75; 0,66; 0,33; 0,13		
Выключатель путевой ВК200Г, ВК300Г	Переменный ток			1,2
	24...500	не более 6	$1{,}6 \cdot 10^6$	
	Постоянный ток			
	24...220	не более 4		
Выключатель путевой ВПК2000	Переменный ток			0,433
	24...500	6,3	$2 \cdot 10^6$	
	Постоянный ток			
	24...220	4		
Микропереключатель МП2000	Переменный ток			0,5
	24, 40, 220, 380, 660	1,6; 1,6; 1; 0,6; 0,25	$1 \cdot 10^6$	
	Постоянный ток			
	24, 27, 110, 220, 440	0,6; 0,25; 0,16; 0,06	$0{,}6 \cdot 10^6$	

*ВО — «цикл включение—отключение».

Таблица 3.12.13. **Основные технические данные пакетных переключателей**

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Сквозной ток КЗ не менее, кА	Число коммутируемых цепей
ПУ 12-34	440	200	2,4 в течение 1 с	4
ПВП 11	380, 660	25...100	0,5...2 в течение 1 с	Не более 24
УП 5300 (открытое исполнение) УП 5400 (защищенное исполнение)	380	16	0,25 в течение 3 с	24
ПМО	380 (переменный) 220 (постоянный)	1,6...6,3	0,08 в течение 1 с	24

Таблица 3.12.14. **Основные технические данные рубильников**

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Предельный сквозной ток КЗ, кА (амплитуда)	Термическая стойкость при КЗ, $кА^2$, °С	Число полюсов
Р, РП	380, 660	100 250 400 630	20 40 65 80	50 120 240 512	1, 2, 3
	220, 440	100 250 400 630	20 40 — —	50 120 — —	1, 2
Р, П, РПЦ, ППЦ	380 380, 660, 220, 440	100 100 250 400 630	— 10 20 30 40	— 16 64 144 256	1, 2, 3 1, 2, 3
РО, ПО, П, РП, РПО	660, 440	100, 250, 400, 600	10, 20, 30, 40	16, 64, 144, 256	1, 2, 3

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Предельный сквозной ток КЗ, кА (амплитуда)	Термическая стойкость при КЗ, $кА^2$, °С	Число полюсов
Р2000, Р2000Т, П2000, П2000Т	400, 500 постоянный ток	800, 600 1500, 1200 2500, 2000 4000, 3200	50 50 60 110	900 900 2000 3600	1, 2, 3
	380, 220	800, 630, 600 1600,1500,1200 3000, 2400 5000, 4000	50 50 60 110	900 900 2000 3600	
ППО, ППЦ	500, 400	1000	40	Не испытывался	1, 2, 3
РПЦ	380	100, 250, 400, 630	10, 20, 30, 40	16, 64, 144, 256	1, 2, 3
РПП	До 500	100, 250	—	—	2, 3
БПВ	380	100, 250, 400	—	—	2, 3
	500	100, 200, 350	—	—	
ППВ	380	100, 250	—	—	3
	220	100, 250	—	—	2

3.13. Счетчики электроэнергии

Таблица 3.13.1. **Счетчики активной энергии однофазные (непосредственное включение)**

Тип счетчика	Класс точности	Номинальные токи, А	Номинальные напряжения, В	Потребляемая мощность, Вт
СО-И445Э, И445Т	2,0	2,5; 5; 10; 20	220; 230; 240; 250; 380	1,3
СО-И449Э, И449Т	2,0	2,5; 5; 10; 15; 20	220; 230; 240; 250; 380	1,5
СО-И446	2,5	10—30	220	2
СО-5Н	2,5	10—30	220	2

Таблица 3.13.2. **Счетчики активной энергии**

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А	Номинальное линейное напряжение, В
СА3-И681	1,0	Через трансформаторы тока и напряжения	Первичный: 10*; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000. Вторичный: 5	Первичное: 380; 500; 660; 3000; 6000; 10 000; 35 000; 110 000; 154 000; 220 000; 330 000; 500 000; 750 000. Вторичное: 100
СА3-И681	1,0	Через трансформаторы тока	Первичный: 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000. Вторичный: 5	220; 380
СА3У-И681	1,0	Через любые трансформаторы тока и напряжения	1; 5	100; 220; 380
СА4-И682	1,0	Через трансформаторы тока	Первичный: 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000. Вторичный: 5	220; 380
СА4У-И682	1,0	Через любые трансформаторы тока	5	220; 380
СА3-И670М	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380
		Через трансформаторы тока и напряжения	Первичный: 5*; 10*; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 5	Первичное: 380; 500; 660; 3000; 6000; 10 000; 35 000. Вторичное: 100

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А	Номинальное линейное напряжение, В
СА3-И670М	2,0	Через трансформаторы тока	Первичный: 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 5	220; 380
СА3У-И670М	2,0	Через трансформаторы тока и напряжения	1; 5	220; 380
СА3-И670Д	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380
		Через трансформаторы тока и напряжения	Первичный: 5*; 10*; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 1; 5	Первичное: 380; 500; 660; 3000; 6000; 10 000; 35 000. Вторичное: 100
		Через трансформаторы тока	Первичный: 10; 20; 30; 40 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 1; 5	220; 380
СА3У-И670Д с телеметрическим выходом	2,0	Через трансформаторы тока и напряжения	1; 5	220; 380
СА4-И672Д с телеметрическим выходом	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380
		Через трансформаторы тока	Первичный: 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500. Вторичный: 5	220; 380
СА4У-И672Д	2,0	Через трансформаторы тока	5	220; 380
СА4-И672М	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А	Номинальное линейное напряжение, В
СА4-И672М	2,0	Через трансформаторы тока	Первичный: 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 5	220; 380
СА4У-И672М	2,0	Через трансформаторы тока	5	220; 380
САЗ-И677, И678	2,0	Непосредственное	20; 30; 50	220; 380
САЗ-И684	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380
СА4-И685	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380

*Для напряжений 6000 В и выше.

Таблица 3.13.3. **Счетчики реактивной мощности**

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А		Номинальное линейное напряжение, В	
			при включении в цепь			
			трехпроводную	четырехпроводную	трехпроводную	четырехпроводную
СР4-И673Д с телеметрическим выходом	3,0	Непосредственное	5; 10	5; 10	220; 380	220; 380
	2,0	Через трансформаторы тока	Первичный: 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 1; 5	5	220; 380	220; 380
	2,0	Через трансформаторы тока и напряжения	Первичный: 5; 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000 Вторичный: 1; 5	5	Первичное: 380; 500; 600; 3000; 6000; 10 000; 35 000. Вторичное: 100	—

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А		Номинальное линейное напряжение, В	
			при включении в цепь			
			трехпроводную	четырехпроводную	трехпроводную	четырехпроводную
СР4У-И673Д с телеметрическим выходом	2,0	Через трансформаторы тока и напряжения	1; 5	5	220; 380	220; 380
СР4У-И673М	2,0	Через любые трансформаторы тока и напряжения	1; 5	5	220; 380	
СР4-И673М	3,0	Непосредственное	5; 10		220; 380	220; 380
	2,0	Через трансформаторы тока и напряжения	Первичный: 5*; 10*; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 5		Первичное: 380; 500; 660; 3000; 6000; 10000; 35000. Вторичное: 100	—
		Через трансформаторы	Первичный: 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000. Вторичный: 5		220; 380	220; 380
СР4-И679	3,0	Непосредственное	20; 30; 40		220; 380	220; 380
СР4-686	3,0	Непосредственное	5; 10		220; 380	220; 380
СР4-И689	1,5	Через трансформаторы тока	Первичный: 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000. Вторичный: 5		220; 380	220; 380

Тип счетчика	Класс точности	Подключение	Номинальный ток, А		Номинальное линейное напряжение, В	
			при включении в цепь			
			трехпроводную	четырехпроводную	трехпроводную	четырехпроводную
СР4-И689	1,5	Через трансформаторы тока и напряжения	Только в трехпроводную цепь Первичный: 5*; 10*; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000. Вторичный: 5		Только в трехпроводную цепь Первичныое: 380; 500; 660; 3000; 6000; 10 000; 35 000. Вторичное: 100	
СР4У-И689	1,5	Через любые трансформаторы тока и напряжения	1,5	5	220; 380	220; 380

*Для напряжений 6000 В и выше.

Таблица 3.13.4. **Счетчики активной энергии**

Ток, % номинального	Коэффициент мощности cosφ	Пределы $\Delta_{с.д}$, %, не более, для классов точности	
		1,0	2,0
5—10	1	±2	±2,5
10—20	0,5 инд. ≤cosφ ≤ 1	±3—2	±3
20—120 (для счетчиков косвенного включения и универсальных)	0,5 инд. ≤ cosφ ≤ 1	±1	±2
20—200 (для счетчиков непосредственного включения)	0,5 инд. ≤ cosφ ≤ 1	±1	±2

Таблица 3.13.5. **Счетчики электрической энергии**

Тип счетчика	Способ включения	Номинальные токи токовых катушек, А	Номинальные напряжения цепи напряжения счетчика, В
СО	Непосредственного включения	5; 10; 20	220
	Трансформаторные	1; 5	220; 380
СОУ	Трансформаторные универсальные	1; 5	220; 380
САЗ и СРЗ	Непосредственного включения	5; 10; 20; 30; 50	220; 380
	Трансформаторные	1; 5	220; 380
САЗУ и СРЗУ	Трансформаторные универсальные	1; 5	220; 380
СА4 и СР4	Непосредственного включения	5; 10; 20; 30; 50	220; 380
	Трансформаторные	5	220; 380
СА4У и СР4У	Трансформаторные универсальные	5	220; 380

Таблица 3.13.6. **Активная и полная потребляемые мощности для трехфазных счетчиков**

Напряжение, В	Потребляемая мощность, не более, для классов точности	
	1,0; 1,5	2,0; 3,0
До 250	3 Вт; 12 В·А	2 Вт; 8 В·А
250—300 на каждый 1 В	0,03 Вт; 0,12 В·А	0,02 Вт; 0,08 В·А
300—380 на каждый 1 В	0,015 Вт; 0,06 В·А	0,01 Вт; 0,04 В·А

Подробные сведения о счетчиках электроэнергии приведены в приложении.

3.14. Изоляторы

Таблица 3.14.1. **Техническая характеристика штыревых изоляторов**

Тип изолятора	Номинальное напряжение, В	Размеры, мм			Разрушающая механическая нагрузка, Н	Масса, кг
		Конструктивная высота	Диаметр тарелки *D*	Диаметр отверстия для штыря *d*		
Фарфоровые						
ШН-1	0,5	108	75	22	1500	0,7
ШН-1М	0,5	108	80	26,7	1200	0,7
ШЛН-1	0,5	98	88	23	1900	0,68
ШЛН-2	0,5	78	72	22	1200	0,38
ТФ-12	0,5	48	52	12	800	0,115
ТФ-16	0,5	61	58	16	1000	0,17
ТФ-20	0,5	78	70	20	1300	0,2
ШФ10-В	10	122	225	32,5	1400	3,2
ШФ35-Б	35	285	310	44	1500	11
Стеклянные						
ШЖБ-10с	10	120	230	32,5	1400	3,15
ШСС-10	10	109	150	26	1400	1,35

Таблица 3.14.2. **Техническая характеристика подвесных линейных изоляторов для районов с нормальным уровнем загрязнения**

Тип изолятора	Основные размеры, мм			Гарантированная электромеханическая нагрузка, Н, не менее	Пробивное напряжение, кВ	Испытательное одноминутное напряжение при частоте 50 Гц, кВ		Длина пути утечки тока, мм, не менее	Отношение длины пути утечки тока к строительной высоте	Масса, кг, не более
	h	*D*	*d*			в сухом состоянии	под дождем			
ПС-6А	130	255	16	6000	90	58	37	255	1,95	4,1
ПС-11	170	290	22	11000	90	65	40	320	1,88	6,6
ПС-16А	180	320	20	16000	100	66	42	360	2	9
ПС-16Б	170	280	20	16000	100	65	40	350	2,06	7,9
ПС-22А	200	320	20	22000	110	80	50	390	1,95	10,8
ПС-30А	217	320	24	30000	110	65	40	350	1,56	14,2
ПФ-6А	167	270	16	6000	110	60	32	285	1,7	6,5
ПФ-6Б	140	270	16	6000	110	60	32	280	2	6
ПФ-6В	140	270	16	6000	110	60	32	324	2,3	5,3
ПФ-16А	173	280	20	16000	125	68	40	365	2,2	8,6
ПФ-20А	194	350	20	20000	125	68	44	420	2,17	12,8
ПР-3,5	193	250	16	5000	110	110	48	455	2,35	10,4
НС-2	198	270	16	6000	110	107	50	470	2,38	8,1
НЗ-6	214	300	20	8000	120	110	62	480	2,24	13,5
ПСГ-16А	160	320	20	16000	100	110	60	480	3	9,3

Таблица 3.14.3. **Количество подвесных изоляторов в гирляндах**

Напряжение воздушной линии, кВ	ПФ-6А, ПФ-6Б, ПФ-6В, ПС-6А		ПС-11		ПФ-11, ПФ-16А, ПС-16А, ПС-16Б		ПФ-20А, ПС-22А		ПС-30А	
	Количество изоляторов в гирлянде									
	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной
35	3	4	3	4	—	—	—	—	—	—
110	7	8	7	7	6	—	—	—	—	—
150	9	10	8	8	8	—	8	9	—	—
220	13	14	12	12	11—12	11—12	10	10	11	11

Примечание. При применении деревянных опор количество изоляторов в гирлянде уменьшают на один элемент. Количество изоляторов в гирляндах увеличивают на один элемент для напряжений до 150 кВ при строительстве линий на высоте 1000—2500 м над уровнем моря и для напряжений 220 кВ при высоте 1000—2000 м над уровнем моря.

Таблица 3.14.4. **Технические данные опорных изоляторов для внутренних установок**

Тип изолятора	Напряжение, кВ		Минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кг·с	Высота, м	Масса, кг
	номинальное	испытательное при плавном подъеме			
ИО-1-250У3 (Т3)	1	11	250	62	0,57
ИОов-1-750У3 (Т3)	1	11	750	72	2,9
ИОР-6-250У3 (Т3, 05, Т5)	6	36	250	70	0,65
ИО-6-375У3	6	36	375	140	1,02
ИО-6-375-1У3	6	36	375	100	1
ИО-6-375-2У3	6	36	375	100	1

Тип изолятора	Напряжение, кВ		Минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кг · с	Высота, м	Масса, кг
	номинальное	испытательное при плавном подъеме			
ИОР-6-375УХЛ2 (Т2)	6	36	375	100	1,1
ИО-10-375У3	10	47	375	160	1,35
ИО-10-375-IУ3	10	47	375	120	1,4
ИО-10-375-IIУ3	10	47	375	120	1,4
ИОР-10-375УХЛ2 (Т2)	10	47	375	120	1,6
ИО-10-750У3	10	47	375	120	2,2
ИОР-10-750-IУХЛ2 (Т2)	10	47	375	124	2,73
ИОР-10-750-IIУХЛ (Т2)	10	47	375	120	2,3
ИОР-10-IIIУХЛ2 (Т2)	10	47	375	120	—
ОФР-10-750-IIУХЛ2 (Т2)	10	47	375	490	5,6
ИО-10-2000У3	10	47	2000	134	6
ИОР-10-2000УХЛ2 (Т2)	10	47	2000	134	6,6
ИО-10-3000У3	10	47	3000	154	7,3
ИОР-10-3000УХЛ2 (Т2)	10	47	3000	150	10
ИО-20-375У3	20	75	375	210	4,3
ИОР-20-375УХЛ2 (Т2)	20	75	375	210	5,5
ОФР-20-500У2 (Т2)	20	75	500	175	4,2
ИОР-20-750У3 (Т3)	20	75	750	160	5,7
ОФР-20-750крУХЛ2 (Т2)	20	75	750	256	7,4
ОФР-20-750-IУХЛ2 (Т2)	20	75	750	202	6,5
ОФР-20-750-IIУХЛ2 (Т2)	20	75	750	257	8,3
ИО-20-3000У3	20	75	3000	206	12,6
ИОР-20-3000УХЛ (Т2)	20	75	3000	206	14,7
ОФР-24-750крУХЛ2 (Т3)	24	85	750	283	7,7
ИО-35-375У3	35	110	375	372	6,87
ИОР-35-375УХЛ2 (Т2)	35	110	375	372	11,5
ОФР-35-375УХЛ (Т2)	35	110	375	356	12
ИО-35-750-У3	35	110	750	372	10,3
ИОР-35-750-УХЛ2 (Т2)	35	110	750	372	11

Таблица 3.14.5. **Опорные изоляторы**

Типоразмер	Высота, мм	Диаметр, мм	Масса, кг
	Для внутренних установок		
ИОР-6-375У, ХЛ2	100	120	1,1
ИО-6-375У3	100	77	1,1
ИОР-6-750У, ХЛ2	100	140	1,6
ИОР-10-375У, ХЛ2	120	120	1,5
ИО-10-375У3	120	82	1,5
ИО-10-750У3	120	102	2,1
ИОР-10-750У, ХЛ2	120	140	2,6
ИОР-10-750У3	124	115	2,6
ИОР-10-1250У, ХЛ2	130	184	4
ИО-10-2000У3	134	160	6,3
ИО-10-3000У3	154	180	8,1
ИОР-20-375У, ХЛ2	212	176	5
ИОР-20-750У3	160	160	6,5
ИО-20-375У3	210	110	4,2
ИОР-20-750У, ХЛ2	212	176	6,8
ИО-20-3000У3	206	186	13
ИОР-35-375У, ХЛ2	342	198	10
ИО-35-375У3	372	110	7,1
ИОР-35-750У, ХЛ2	342	218	10
ИО-35-750У3	372	140	9,2
	Для наружных установок		
	Опорно-штыревые		
ОНШ-6-300	170	140	2,3
ОНШ-10-500	190	160	4,1
ОНШ-10-2000	190	250	12,7
ОНШ-20-1000	280	310	24,8
ОНШ-35-1000	400	370	32,6
ОНШ-35-2000	400	460	41,5
	Опорно-стержневые		
ИОС-10-300	295	150	9,3
ИОС-10-500	190	140	4,2
ИОС-10-2000	284	185	25
ИОС-20-500	315	150	4,4
ИОС-20-2000	355	200	22,5
ИОС-35-500	440	175	16
ИОС-35-2000	500	235	43,5
ИОС-110-1000	1100	230	79,4
ИОС-110-1500	1100	230	94,3
ИОС-110-2000	1100	230	106

Примечание. В типоразмере: И — изолятор; Н — наружной установки; Ш — штыревой; С — стержневой; О — опорный; Р — ребристый; первое число — $U_{\text{ном}}$, кВ; второе — минимальное разрушающее усилие на изгиб, даН; У, ХЛ2 — климатическое исполнение, категория размещения.

Таблица 3.14.6. **Технические данные проходных изоляторов для внутренних установок**

Тип изолятора	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Минимальное разрушающее усилие на изгиб, даН (кгс)	Выдерживаемое напряжение (действующее) при плавном подъеме в сухом состоянии, кВ	Масса, кг
ИП-6/400-375-IV, ХЛ, Т2	6	400	375	36	3,6
ИП-6/400-375-IIУ, ХЛ, Т2	6	400	375	36	3,6
ИП-10/630-750-IУ, ХЛ, Т2	10	630	750	47	6,2
ИП-10/630-750-IIУ, ХЛ, Т2	10	630	750	47	6,2
ИП-10/630-IIIУ, ХЛ, Т2	10	630	750	47	6,3
ИП-10/1000-750-У, ХЛ, Т2	10	1000	750	47	7,5
ИП-10/1600-750У, ХЛ, Т2	10	1600	750	47	8,4
ИП-10/1000-750У3	10	1000	750	47	6
ИП-10/1600-750У3	10	1600	750	47	6,8
ИП-10/1000-3000У, ХЛ, Т2	10	1000	3000	47	25,9
ИП-10/1600-3000У, ХЛ, Т2	10	1600	3000	47	25,9
ИП-10/2000-3000У, ХЛ, Т2	10	2000	3000	47	25,9
ИП-10/3150-3000У, ХЛ, Т2	10	3150	3000	47	25,9
ИП-10/3150-4250У2	10	3150	4250	47	48,5
ИП-10/4000-4250У2	10	4000	4250	47	48,5
ИП-10/5000-4250У2	10	5000	4250	47	70,7
ИП-10/6300-4250У2	10	6300	4250	47	69,7
ИП10/8000-4250У2	10	8000	4250	47	69
ИП-10/10000-4250У2	10	10000	4250	47	69
ИПК-10/1600-500У, Т3	10	1600	500	47	5
ИПК-10-2000-1000У, Т3	10	2000	1000	47	9,2
ИПК-10/4000-1500У, Т3	10	4000	1500	47	16,8
ИП-20/1000-2000У, ХЛ2	20	1000	2000	75	49,5
ИП-20/1600-2000У, ХЛ2	20	1600	2000	75	49,5
ИП-20/2000-2000У, ХЛ2	20	2000	2000	75	49,5
ИП-20/3150-2000У, ХЛ2	20	3150	2000	75	49,5
ИП-20/6300-2000У, ХЛ2	20	6300	2000	75	106
ИП-20/10000У, Т2	20	10000	—	75	61
ИП-20/16000У, Т2	20	16000	—	75	127
ИП-20/10000-1У, ХЛ, Т2	20	10000	—	75	70,5
ИП-24/30000-3000У, ХЛ, Т2	24	30000	3000	85	239
ИП-35/400-750-IУ, ХЛ, Т2	35	400	750	110	37,1
ИП-35/400-750-IIУ, ХЛ, Т2	35	400	750	110	37,1
ИП-35/630-750-IУ, ХЛ, Т2	35	630	750	110	37,4
ИП-35/630-750-IIУ, ХЛ, Т2	35	630	750	110	37,4
ИП-35/630-750-IIIУ, ХЛ, Т2	35	630	750	110	37,5
ИП-35/1600-750У, ХЛ, Т2	35	1600	750	110	46,1
ИП-35/1000-750У, ХЛ, Т2	35	1000	750	110	45,1

Таблица 3.14.7. **Проходные изоляторы 6—35 кВ (сокращенная шкала)**

Типоразмер	Длина, мм	Диаметр, мм	Масса, кг
Внутренней установки			
ИП-10/1000-750	520	190	7,2
ИП-10/1600-3000	510	305	32,6
ИП-10/3150-3000	510	305	32,6
ИП-10/3150-4250	550	390	35
ИП-20/1000-2000	740	322	49
ИП-20/1600-2000	740	322	33
ИП-20/6300-2000	740	520	47
ИП-20/16000	480	1030	112
ИП-35/630-750	910	250	32
ИП-35/1600-750	1010	260	36
Наружно-внутренней установки			
ИП-10/630-750	565/340*	142	8
ИП-10/630-1250	565/335	158	13
ИП-10/100-750	565/340	142	8
ИП-10/1000-1250	565/335	158	13
ИП-10/1600-1250	620/370	205	18
ИП-10/2000-1250	640/380	205	19
ИП-10/3150	640/380	205	18
ИП-20/2000-1250	886/468	260	35
ИП-20/3150-1250	886/468	260	38
ИП-35/400-750	1020/480	250	37
ИП-35/630-750	1040/500	200	36
ИП-35/1000-750	1080/515	225	40
ИП-35/1600-750	1080/515	200	42

Примечания: 1. И — изолятор, П — проходной; числитель — $U_{ном}$, кВ; знаменатель — $I_{ном}$, А; число после дроби — минимальное разрушающее усилие на изгиб, даН. Климатическое исполнение: У и УХЛ; категория размещения: наружного конца — 1; внутреннего конца — 2.

2. Кроме изоляторов ИП выпускаются изоляторы ИПУ — с усиленным исполнением внешней изоляции (категория Б).

*В знаменателе указана длина внутренней части, мм

Таблица 3.14.8. **Количество изоляторов для крепления шин**

Тип изолятора	Количество изоляторов, шт., при напряжении, кВ							
	6—10	20	35	110	150	220	330	500
ПФ6-Б (ПМ-4,5)	—	3	5	8	10	15	21	30
ПФ6-В	—	3	4	8	10	14	21	29
ПС6-А (ПС-4,5)	—	3	5	9	11	16	23	33
ПС6-Б	—	3	4	9	11	16	22	32
ПС12-А	—	—	—	—	—	—	21	30
ШН-10; ОНШ-10 (ИШД-10); ОНС-10-500; ОНС-10-2000	1	—	—	—	—	—	—	—
ОНС-20-500; ОНС-20-2000	—	1	—	—	—	—	—	—
ОНШ-35-1000 (ШТ-35)	—	1	1	3	4	—	—	—
ОНШ-35-2000 (ИШД-35)	—	1	1	3	4	5	—	—
ШО-35	—	—	1	—	—	—	—	—
ШО-110	—	—	—	1	—	—	—	—
ШО-150	—	—	—	—	1	—	—	—
ШО-220	—	—	—	—	—	1	—	—
ШО-330М	—	—	—	—	—	—	1	—
ШО-500М	—	—	—	—	—	—	—	1
ОС-1	—	1	2	5	7	—	—	—

3.15. Разрядники

Разрядники предназначены для защиты изоляции от перенапряжений (атмосферных и кратковременных внутренних).

Таблица 3.15.1. **Вентильные разрядники переменного тока 3—750 кВ**

Тип	$U_{ном}$ разрядника, кВ	$U_{проб}$ при f = 50 Гц в сухом состоянии и под дождем, кВ (действ.)		Импульсное $U_{проб}$ (при предразрядном времени 2—20 мкс и полном импульсе 1,2/50 мкс), кВ, не более	U, кВ, остающееся при импульсе тока, с длительностью фронта 8 мкс с максимальными значениями, кА			Масса, кг
		не менее	не более		3	5	10	
Для защиты от атмосферных перенапряжений в установках с любой системой заземления нейтрали (группа III, легкий режим, 5 кА)								
РВС-15	18	38	48	67	57	61	67	49
РВС-20	24	49	60,5	80	75	80	88	58
РВС-35	40,5	78	70	125	122	130	143	73
Для защиты от атмосферных перенапряжений в установках с заземленной нейтралью (группа III, легкий режим, 5 кА)								
РВС-110-М	102	200	250	285	315	335	367	230
РВС-150М	138	275	345	375	435	465	510	320
РВС-220М	198	400	500	530	630	670	734	405

Тип	$U_{ном}$ разрядника, кВ	$U_{проб}$ при f = 50 Гц в сухом состоянии и под дождем, кВ (действ.)		Импульсное $U_{проб}$ (при предразрядном времени 2—20 мкс и полном импульсе 1,2/50 мкс), кВ, не более	U, кВ, остающееся при импульсе тока, с длительностью фронта 8 мкс с максимальными значениями, кА			Масса, кг
		не менее	не более		3	5	10	
Для защиты от атмосферных перенапряжений (группа IV, легкий режим, 5 кА)								
РВО-3	3,8	9	11	20	13	14	—	2,3
РВО-6	7,5	16	19	32	25	27	—	3,1
РВО-10	12,7	26	30,5	48	43	45	—	4,2
Для защиты изоляции вращающихся электрических машин и другого электрооборудования от атмосферных и кратковременных внутренних перенапряжений (группа I, тяжелый режим, 10 кА)								
РВРД-3	3,8	7,5	9	7	7	8	9	18,5
РВРД-6	7,5	15	18	14	14	16	18	23,8
РВРД-10	12,7	25	30	23,5	23,5	26,5	30,5	32,3
15	18	31	36	50	38	41	46	—
20	24	42	48	66	50	54	60	—
35	40,5	73	54	108	80	87	98	—
110	102	150	170	230	195	215	240	—
150	138	210	240	310	265	295	330	—
220	198	300	340	445	390	430	480	—
330	288	435	500	630	555	615	700	—
500	420	630	725	940	805	890	1010	—
Для защиты от атмосферных и кратковременных внутренних перенапряжений (группа II, легкий режим, 10 кА)								
РВМ-6	7,5	15	18	15,5	17	18	20	34
РВМ-10	12,7	25	30	25,5	26	30	33	38
РВМ-15	18	35	43	57	47	51	57	94
РВМ-20	24	47	56	74	62	67	74	104
РВМ-35	40,5	75	90	116	97	105	116	165
РВМГ-110	102	170	195	260	245	265	295	330
РВМГ-150	138	230	265	370	340	370	410	420
РВМГ-220	198	340	390	515	475	515	570	670
РВМГ-330	288	485	560	740	660	725	800	1025
РВМГ-500	420	660	760	1070	985	1070	1180	3050
Для защиты от атмосферных перенапряжений в установках до 1 кВ								
РВН-0,5	0,5	2,5	3	4,5	—	—	—	2,3
РВН-0,5М	0,5	2,5	3	4,5	—	—	—	0,3
РВН-1	1	2,1	2,8	4,6	—	—	—	2,3

Примечания: 1. В обозначении типа: Р — разрядник; В — вентильный; Г — грозовой; М — магнитный или модернизированный; О — облегченный; РД — с растягивающейся дугой; С — стационный; число — класс напряжения, кВ, разрядника.

2. Минимальное импульсное $U_{проб}$ разрядника (при предразрядном времени 2—20 мкс и полной волне 1,2/50 мкс) для разрядников I и II групп с $U_{ном}$ = 102 (110 кВ) и выше — не менее 0,6 значений, указанных в таблице.

3. Номинальный грозовой разрядный ток разрядника 5; 10 кА.

Таблица 3.15.2. **Вентильные разрядники комбинированные для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений с большими энергиями**

Тип	$U_{ном}$ разрядника, кВ	U гашения при работе от коммутационных перенапряжений, кВ (действ.)	$U_{проб}$ при f = 50 Гц в сухом состоянии и под дождем, кВ (действ.)		Импульсное $U_{проб}$ (при предразрядном времени 2—20 мкс и полном импульсе 1,2/50 мкс), кВ, не более
			не менее	не более	
РВМК-330	288	380	435	500	700
РВМК-500	420	575	660	760	1070
РВМК-750	600	710	780	950	1500

Продолжение табл. 3.15.2

Тип	Напряжение переключения в режиме работы при атмосферных перенапряжениях, кВ		Остающееся напряжение				
			при токе в один полупериод частоты, 50 Гц			при импульсе тока с длительностью фронта 8 мкс с максимальными значениями, кА	
	не менее	не более	Ток, кА	U, кВ		5	10
				не менее	не более	кВ	не более
РВМК-330	720	820	1	650	700	720	840
РВМК-500	1130	1260	1,5	1020	1070	1070	1280
РВМК-750	1370	1500	1,8	1280	1350	1500	1650

Таблица 3.15.3. **Характеристики вентильных разрядников**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее допустимое напряжение, кВ	Пробивное напряжение при частоте 50 Гц (в сухом состоянии и под дождем), кВ		Импульсное пробивное напряжение (при предразрядном времени 2—20 мкс и полной волне 1,5/40 мкс) не более, кВ	Наибольшее остающееся напряжение, кВ, при импульсном токе с длиной фронта 8 мкс и амплитудой, А			Масса, кг
			не менее	не более		3000	5000	10 000	
РВО-3У1 (Т1)	3	3,8	9	11	20	13	14	—	2,3
РВО-6У1 (Т1)	6	7,6	16	19	32	25	27	—	3,1
РВО-10У (Т1)	10	12,7	26	30,5	48	43	45	—	4,2
РВС-15	15	19	38	48	67	57	61	67	49
РВС-15Т1	15	19	38	48	67	57	61	67	49
РВС-20	20	25	49	60,5	80	75	80	88	58
РВС-20Т	20	25	49	60,5	80	75	80	88	58
РВС-33Т1	33	29	58	70	94	88	94	102	59
РВС-35	35	40,5	78	98	125	122	130	143	73
РВС-35Т1	35	40,5	78	98	125	122	130	143	73
РВС-60Т1	60	69	134	169	215	207	221	243	130
РВС-66Т1	66	75	150	186	232	226	242	264	140
РВС-110	110	100	200	250	285	315	335	367	230
РВС-110МТ1	110	100	200	250	285	315	335	367	230
РВС-132МТ1	132	116	232	267	376	352	376	408	318
РВС-150М	150	138	275	345	375	435	465	510	320
РВС-150МТ1	150	138	275	345	375	435	465	510	320
РВС-220М	220	200	400	500	530	630	670	734	405
РВС-220ТМ1	220	200	400	500	530	630	670	734	405

Продолжение таблицы 3.15.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее допустимое напряжение, кВ	Пробивное напряжение при частоте 50 Гц (в сухом состоянии и под дождем), кВ		Импульсное пробивное напряжение (при предразрядном времени 2—20 мкс и полной волне 1,5/40 мкс) не более, кВ	Наибольшее остающееся напряжение, кВ, при импульсном токе с длиной фронта 8 мкс и амплитудой, А			Масса, кг
			не менее	не более		3000	5000	10 000	
РВМГ-110МУ1	110	100	170	195	260	245	265	295	325
РВМГ-110-40/70ХЛ1	110	100	170	195	260	245	265	295	338
РВМГ-110МТ1	110	100	170	195	260	245	265	295	325
РВМГ-150МУ1	150	138	230	265	370	340	370	410	417
РВМГ-150МТ1	150	138	230	265	370	340	370	410	417
РВМГ-220МУ1	220	200	340	390	515	475	515	570	670
РВМГ-220-40/70ХЛ1	220	200	340	390	515	475	515	570	950
РВМГ-1-220Т1	220	200	340	390	515	475	515	570	1060
РВМА-220Т1	220	200	340	390	515	475	515	570	670
РВМГ-330МУ1	330	290	485	560	740	660	725	800	1016
РВМГ-400У1	400	340	590	670	920	—	900	1000	2820
РВМГ-500У1	500	420	660	760	1070	985	1070	1180	3050
РВМА-500Т1	500	420	660	760	1070	985	1070	1180	3050
РВРД-3У1	3	3,8	7,5	9	7	7	8	9	18,5
РВРД-6У1	6	7,6	15	18	14	14	16	23,8	23,8
РВРД-10У1	10	12,7	25	30	23,5	23,5	26,5	35	32,3
РВМ-15Т1; РВМ-15У1	15	19	35	43	57	47	51	57	94
РВМ-20У1; РВМ-20Т1	20	25	47	56	74	62	67	74	104
РВМ-35У1; РВМ-35Т1	35	40,5	75	90	116	97	105	116	165
РМВУ-1,65	1,65	2,1	4,8	5,7	6,5	6	—	—	18

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее допустимое напряжение, кВ	Пробивное напряжение при частоте 50 Гц (в сухом состоянии и под дождем), кВ		Импульсное пробивное напряжение (при предразрядном времени 2—20 мкс и полной волне 1,5/40 мкс) не более, кВ	Наибольшее остающееся напряжение, кВ, при импульсном токе с длиной фронта 8 мкс и амплитудой, А			Масса, кг
			не менее	не более		3000	5000	10 000	
	1,65	2,1	5,7	6,5	7,2	6	—	—	
РМВУ-3,3	3,3	4,2	9,5	12,5	12	—	—	—	
	3,3	4,2	10,5	14,5	12	—	—	—	22,5
РВС-230МТ1	230	200	400	500	530	625	660	720	—

Примечания: 1. Обозначение типа разрядника: Р — разрядник; В — вентильный; О — облегченный; С — стационный; М — магнитный или модернизированный; Т — с токоограничивающими искровыми промежутками или тропического исполнения (если буква Т стоит после цифры); П — повышенное напряжение гашения; РД — с растягивающей дугой; У — для работы в районах с умеренным климатом; число после дефиса — номинальное напряжение, кВ; цифра 1 — для работы на открытом воздухе.

2. Разрядники РВС-15, РВС-20, РВС-35, РВС-60, РВС-66 изготовляют для сетей с неэффективно заземленной нейтралью, а разрядники РВС-22, РВС-33, РВС-66, РВС-110, РВС-132, РВС-150, РВС-220, РВС-230 — для сетей с эффективно заземленной нейтралью.

3. Назначение: а) для защиты электрооборудования от атмосферных перенапряжений (РВО, РВС, РВМГ, РВМА); б) для защиты машин и оборудования от атмосферных и кратковременных внутренних перенапряжений (РВРД, РВМ); в) для защиты тягового электрооборудования от перенапряжений (РМВУ).

Таблица 3.15.4. **Значение сопротивлений вентильных разрядников**

Тип разрядника или элемента	Сопротивление, МОм		Допустимые изменения в эксплуатации по сравнению с заводскими данными или данными первоначальных измерений
	не менее	не более	
РВМ-3	15	40	±30 %
РВМ-6	100	250	
РВМ-10	170	450	
РВМ-15	600	2000	
РВМ-20	1000	10000	
РВРД-3	95	200	В пределах значений, указанных в столбцах 2 и 3
РВРД-6	210	940	
РВРД-10	770	5000	
Элемент разрядника РВМГ			±60 %
110М	400	2500	
150М	400	2500	
220М	400	2500	
330М	400	2500	
400	400	2500	
500	400	2500	
Основной элемент разрядника РВМК-330, 500	150	500	±30 %
Вентильный элемент разрядника РВМК-330, 500	0,010	0,035	
Искровой элемент разрядника РВМК-330, 500	600	1000	±30 %
Элемент разрядника РВМК-750М	1300	7000	± 30 %
Элемент разрядника РВМК-1150 (при температуре не менее 10 °С в сухую погоду)	2000	8000	±30 %

Таблица 3.15.5. **Трубчатые разрядники**

Типоразмер	Длина внешнего искрового промежутка, мм	$U_{проб}$ (50Гц), кВ		Длина, мм	Внешний диаметр, мм	Масса, кг
		в сухом состоянии	под дождем			
РТФ-3-0,3/5	10	10	7	420	35	1,4
РТФ-6-0,5/10	20	33	33			
РТФ-10-0,2/1	25	40	38	550	45	1,6
РТФ-10-0,5/2,5	25	40	38			
РТФ-35-0,5/2,5	130	95	80	851	45	2,35
РТФ-35-1/5	130	95	80			
РТФ-35-2/10	130	95	80	796,5	60	4
РТФ-110-0,5/2,5	450	235	220	1293 (1993)	75	—
РТФ-110-1/5	450	235	220			
РТВ-10-0,5/2,5	15	40	38	670		2,35
РТВ-10-2/10	15	40	38			2,3
РТВ-20-2/10	40	65	50	760	48	2,55
РТВ-35-2/10	100	95	80	880		2,85
РТВС-110-0,5/5	—	235	220	—	—	6

Примечание. В типоразмере: Р — разрядник, Т — трубчатый, Ф или В — фибра или винипласт; первое число — $U_{ном}$, кВ; дробь — пределы тока отключения (действующее значение), кА; в числителе — нижний, в знаменателе — верхний. Климатическое исполнение и категория размещения: РТФ — УХЛ1, РТВ — У1.

Таблица 3.15.6. **Характеристики винипластовых трубчатых разрядников**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельно отключаемые токи (действующее значение), кА	Искровой промежуток, мм		Внутренний диаметр трубки, мм	Масса, кг
			внутренний	внешний		
РТВ-$\frac{6-10}{0,25-2,5}$	6	0,5—2,5	60	10	6	2,35
	10	0,5—2,5	60	15	6	2,35
РТВ-$\frac{6-10}{2-10}$	6	2—10	60	10	10	2,32
РТВ-$\frac{20}{2-10}$	20	2—10	100	40	10	2,55
РТВ-$\frac{35}{2-10}$	35	2—10	140	100	10	2,85

Таблица 3.15.6. **Характеристики фибробакелитовых трубчатых разрядников**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельно отключаемые токи, кА	Масса, кг
РТФ-3	3	0,3—5	1,38
РТФ-6	6	0,5—10	1,6
РТФ-10	10	0,2—1	1,6
РТФ-10	10	0,5—5	1,6
РТФ-35	35	0,5—2,5	2,34
РТФ-35	35	1—5	2,36
РТФ-35	35	2—10	3,97
РТФ-110	110	0,5—2,5	11,43
РТФ-110	110	1—5	11,2

Таблица 3.15.7. **Технические данные трубчатых разрядников**

Тип разрядника	Номинальное напряжение, кВ	Ток отключения, кА	Внешний искровой промежуток, мм	Начальный диаметр дугогасительного канала, мм	Конечный диаметр дугогасительного канала, мм	Начальная длина внутреннего искрового промежутка, мм	Конечная длина внутреннего искрового промежутка, мм
РТФ-6	6	0,5—10	20	10	14	150 ± 2	—
РТВ-6	6	0,5—2,5	10	6	9	60	68
		2—10	10	10	14	60	68
РТФ-10	10	0,5—5	25	10	11,5	150 ± 2	—
		0,2—1	25	10	13,7	225 ± 2	—
РТВ-10	10	0,5—2,5	20	6	9	60	68
		2—10	15	10	14	60	68
РТФ-35	35	0,5—2,5	130	10	12,6	250 ± 2	—
		1—5	130	10	15,7	200 ± 2	—
		2—10	130	16	20,4	220 ± 2	—
РТВ-35	35	2—10	100	10	16	140	150
РТВ-20	20	2—10	40	10	14	100	110
РТВ-110	110	0,5—2,5	450	12	18	450 ± 2	—
		1—5	450	20	25	450 ± 2	—

3.16. Реакторы

Реакторы предназначены для ограничения токов КЗ и поддержания напряжения. В сетях напряжением выше 1 кВ применяют токоограничивающие, заземляющие и шунтирующие реакторы.

Заземляющие реакторы служат для компенсации токов на землю (дугогасящие катушки).

Шунтирующие реакторы предназначены для КРМ в линиях электропередачи напряжением 10, 20, 35, 110, 330, 500, 750 кВ.

Таблица 3.16.1. **Шунтирующие реакторы**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность кВ·А	Потери мощности, кВт	Система охлаждения	Масса, кг
РОМ-1200/10У1	$6{,}6/\sqrt{3}$	1100	20	М	38000
	$11/\sqrt{3}$	1100	20	М	38000
РТД-20000/35У1	38,5	20000	120	Д	31900
РОД-30000/35У1	$38{,}5/\sqrt{3}$	30000	180	Д	35100
РОД-33333/110У1	$121/\sqrt{3}$	33333	180	Д	39100
РОДЦ-60000/500У1	$525/\sqrt{3}$	60000	205	ДЦ	66000
РОДЦ-110000/750У1	$787/\sqrt{3}$	110000 21000	350	ДЦ	95000
РОДЦ-20000/25	25	3300	110	ДЦ	24000
РТМ-3300/6У1	6,6	3300	—	М	8780
РТМ-3300/10У1	11		—	М	8780

Примечание. Обозначение типа реактора: Р — реактор; Т — трехфазный; О — однофазный; М, Д, ДЦ — обозначение системы охлаждения; в числителе — номинальная мощность, кВ·А; в знаменателе — класс напряжения, кВ.

Таблица 3.16.2. **Технические данные и размеры заземляющих реакторов**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельные токи реактора, А	Тип трансформатора	Полная масса, кг
ЗРОМ-175/6*	6	36	—	1150
ЗРОМ-350/6*	6	50—100	—	1825
ЗРОМ-300/10*	10	25—50	—	1825
ЗРОМ-275/35*	35	6,2—12,5	—	2000
ЗРОМ-550/35*	35	12,5—25	—	2570
РЗДСОМ-115/6У1 (Т1)	$6{,}6/\sqrt{3}$	25—12,5	ТВ-35-25	740—805

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельные токи реактора, А	Тип трансформатора	Полная масса, кг
РЗДСОМ-230/6У1 (Т1)	$6{,}6/\sqrt{3}$	50—25	ТВ-35-25	995—1075
РЗДСОМ-460/6У1 (Т1)	$6{,}6/\sqrt{3}$	100—50	ТВ-35-25	1370—1600
РЗДСОМ-920/6У1 (Т1)	$6{,}6/\sqrt{3}$	200—100	ТВ-35-25	2090—2330
РЗДСОМ-190/10У1 (Т1)	$11/\sqrt{3}$	25—12,5	ТВ-35-25	955—1600
РЗДСОМ-380/10У1 (Т1)	$11/\sqrt{3}$	50—25	ТВ-35-25	1370—1600
РЗДСОМ-760/10У1 (Т1)	$11/\sqrt{3}$	100—50	ТВ-35-25	2070—2310
РЗДСОМ-1520//10У1 (Т1)	$11/\sqrt{3}$	200—100	ТПОФ-10	3610—3850
РЗДСОМ-115/15,75У1 (Т1)	$15{,}75/\sqrt{3}$	10—5	ТВ-35-25	980—1040
РЗДСОМ-155/20У1 (Т1)	$20/\sqrt{3}$	12,5—6,25	ТВ-35-25	1090—1170
РЗДСОМ-310/35У1	$38{,}5/\sqrt{3}$	12,5—6,25	ТВ-35-25	2100
РЗДСОМ-620/35У1	$38{,}5/\sqrt{3}$	25—12,5	ТВ-35-25	2670
РЗДСОМ-1240//35У1 (Т1)	$38{,}5/\sqrt{3}$	50—25	ТВ-35-25	3640—4330

* Снят с производства

Таблица 3.16.3. **Реакторы масляные шунтирующие**

Типоразмер	$U_{ном}$, кВ	Потери мощности, кВт	Габариты, м			Масса, т	
			длина	ширина	высота	полная	масла
РТД-20000/35	38,5	120	5,16	3,8	5,2	31	8
РОД-30000/35	$38{,}5/\sqrt{3}$	180	5,38	3,57	5,15	35	9
РОД-33333/110	$121/\sqrt{3}$	180	5,74	3,57	5,75	39	10
РОДГ-55000/500	$500/\sqrt{3}$	275	7,25	8,14	11,43	134	64
РОДЦ-60000/500	$525/\sqrt{3}$	205	5,88	4,55	9,17	65	17
РОДЦА-60000/500	$525/\sqrt{3}$	205	5,88	5,25	9,17	68	15
РОДЦ-110000/750	$787/\sqrt{3}$	350	6,6	3,93	10,9	94	23

Примечания: 1. В типоразмере: Р — реактор, О — однофазный, Т — трехфазный, Д, ДЦ — обозначение системы охлаждения; Г — грозоупорный; в числителе — номинальная мощность, квар; в знаменателе — класс напряжения, кВ.

2. Шунтирующие реакторы предназначены для компенсации реактивной мощности, генерируемой ВЛ.

3. Схема присоединения обмоток трехфазного реактора У. Климатическое исполнение У и УХЛ, категория размещения 1 и 3.

3.17. Разъединители, короткозамыкатели, отделители, заземлители, дугогасительные камеры, приводы

Таблица 3.17.1. **Разъединители**

Типоразмер	Предельный ток термической стойкости, кА	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Масса, кг
Внутренней установки с размещением трех полюсов на общей раме			
РВ (3)-20/630	20	50	115
РВ (3)-20-1000	20	55	115
РВ (3)-35/630	20	51	170
РВ (3)-35-1000	31,5	80	195
РВР (3)-III-10/2000	31,5	85	112
Внутренней установки с размещением каждого полюса на отдельной раме			
РВК-10/2000	31,5	85	26
РВК-35/2000	45	115	73
РВР (3)-10/2500	45	125	68
РВР (3)-10/4000	45/71	125/180	68
РВР (3)-20/6300	80/100	220/260	222
РВР (3)-20/8000	112/125	300/320	238
РВП (3)-20/125000	180 (гл. н.) 100 (заз. н.)	410 (гл. н.) 250 (заз. н.)	625
Наружной установки с размещением трех полюсов на общей раме в комплекте с приводом			
РЛНД-10/400	10	25	58
РЛНД-10/630	12,5	35,5	59
РЛНД-1-10/400	10	25	65
РЛНД-1-10/630	12,5	35,5	66
РЛНД-1-10У/400	10	25	88
РЛНД-1-10/400ХЛ1	10	25	65
РЛНД-2-10/400	10	25	72
РЛНД-2-10/630	12,5	35,5	73
РЛНД-2-10У/400	10	25	89
РЛНД-2-10/400ХЛ1	10	25	72
Наружной установки с размещеннем каждого полюса на отдельной раме			
РНД (3)-35Б/1000	25	63	88
РНД (3)-35Б/2000	31,5	80	208
РНД (3)-35У/1000	25	63	164
РНД (3)-35У/2000	31,5	80	185
РДЗ-35/1000	25	63	60,5
РДЗ-35/2000	31,5	80	90

Продолжение табл. 3.17.1

Типоразмер	Предельный ток термической стойкости, кА	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Масса, кг
РДЗ-35/3200	50	125	92
РНДЗ-2-110/1000СК	31,5	80	254
РНД (З)-110/1000	31,5	80	254
РНД (З)-110/2000	40	100	374
РНД (З)-110Б/1000	31,5	80	254
РНД (З)-110У/1000	31,5	80	501
РНД (З)-110У/2000	40	100	530
РНД (З)-110/3200	50	125	460
РНД (З)-110/1000ХЛ1	31,5	80	254
РНД (З)-110/2000ХЛ1	40	100	374
РНД (З)-150/1000	40	100	510
РНД (З)-150/2000	40	100	525
РДЗ-220/3200	50	125	564
РНД (З)-220У/2000	40	100	1525
РДЗ-220/2000	40	100	542
РНД (З)-330/3200	63	160	3154
РНД (З)-330У/3200	63	160	4048
РНД (З)-500/3200	63	160	4160
РНД (З)-500/3200ХЛ1	63	160	4160
РНВ (З)-750Ц/4000	63	160	9244
Подвесные			
РПД-500-I/3200	63	160	7500
РПД-500-II/3200	63	160	7500
РПД-750-I/3200	63	160	9500
РПД-750-II/3200	63	160	9500

Примечание. В типоразмере первое число — $U_{ном}$, кВ; второе — $I_{ном}$, А. Буква З в скобках означает наличие вариантов исполнения; РВР, РНД — без заземляющих ножей; РВР (З).1 — с одним заземляющим ножом; РВР (З), РНД (З). 2 — с двумя заземляющими ножами. Исполнение подвесных разъединителей: с V-образной подвеской и тросовой системой управления — прямая (I) и Г-образная (II).

Длительность предельного тока термической стойкости, с....	4	3	2
Разъединители	10; 20; 35 кВ	110; 150; 220 кВ	330; 500; 750 кВ

Таблица 3.17.2. **Разъединители внутренней установки**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельно сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	Главных ножей	Заземляющих ножей	
В трехполюсном исполнении (рама)								
РВЗ-20/63У3	20	24	30	50	20		—	ПР-3У3
РВЗ-20/1000У3	20	24	1000	55	20		—	ПР-3У3
РВЗ-35/630У3	35	40,5	630	51	20	4	—	ПР-3У3
РВЗ-35/1000У3	35	40,5	1000	80	31,5		—	ПР-3У3
РВРЗ-Ш-10/2000У3	10	12	2000	85	31,5		—	ПР-3У3, или ПЧ-50У3, или ПД-5У1
В однополюсном исполнении								
РВК-35/2000	35	40,5	2000	115	45	4	—	ПР-3У3
РВРЗ-10/2500У3	10	12	2500	125	45	4	—	ПЧ-50У3, или ПД-5У1, или ПР-3У3
РВРЗ-35/2000УХЛ1	10	12	4000	125/180*	45/71*	4	—	То же
РВРЗ-20/6300У3	20	24	6300	220/260	80/100	4	—	ПЧ-50У3 или ПД-5У1
РВРЗ-20/8000У3	20	24	8000	300/320	112/125	—	—	ПЧ-50У3 или ПД-5У1
РВРЗ-20/12500У3	20	24	12500	410 гл. н., 25	180 гл. н.,	—	—	ПД-12У3 и ПЧ-50У3
	—	—	—	0 заз.	100 заз.	—	—	

* В зависимости от расстояния между полюсами, мм

Таблица 3.17.3. **Разъединители наружной установки**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	Главных ножей	Заземляющих ножей	
В трехполюсном исполнении (рама)								
РЛНД-10/400У1	10	12	400	25	10	4	1	ПРН-10МУ1 или ПР-2УХЛ
РЛНД-10/630У1			630	35,5	12,5			
РЛНД1-10/400У1			400	25	10			ПРНЗ-10У1 или ПР-2УХЛ1
РЛНД1-10Б/400У1								
РЛНД1-10/400ХЛ1								
РЛНД1-10/630У1			630	35,5	12,5			
РЛНД2-10/400У1			400	25	10			ПРНЗ-2-10У1 или ПР-2УХЛ1
РЛНД2-10Б/400У1								
РЛНД2-10/400ХЛ1								
РЛНД2-10/630У1			630	35,5	12,5			

Продолжение таблицы 3.17.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	Главных ножей	Заземляющих ножей	
В однополюсном исполнении								
РНД-35/1000У1	35	40,5	1000	63	25	4	1	ПР-У1
РНДЗ-1а-35/1000У1								
РНДЗ-35/1000У1								
РНД-35/1000ХЛ1								ПР-ХЛ1 ПР-ХЛ1 ПВ-20У2 или ПРН-110В ПР-У1
РНДЗ-С-35/1000У1							1	
РНД-35Б/1000У1								
РНДЗ-35Б/1000У								
РНДЗ-С-35/1000У1			2000	80	31,5			ПВ-20У2 или ПРН-110В ПР-У1 ПР-2УХЛ1 ПР-2УХЛ1 ПР-У1
РНДЗ-35Б/2000У1								
РДЗ-35/2000УХЛ1								
РДЗ-35/3150УХЛ1			3150	125	50			
РНДЗ 2-СК-110/1000У1	110	126	1000	80	31,5	3		

Продолжение таблицы 3.17.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	Главных ножей	Заземляющих ножей	
РНД-110/1000У1	110	126	1000	80	31,5	3	1	ПР-У1 или ПД-5У1
РНДЗ1а-110/1000У1								
РНД-110Б/1000У1								
РНДЗ1а-110/1000У1								
РНДЗ1а-110Б/1000У1								
РНДЗ-110Б/1000У1								
РНДЗ-110/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В ПР-ХЛ1 или ПД-5ХЛ1
РНДЗ-С-110/1000У1								
РНДЗ-110/1000ХЛ1								
РНДЗ-110/2000ХЛ1			2000	100	40,0			
РНДЗ-110/2000У1								ПР-У1 или ПД-5У1
РНДЗ-110Б/2000У1								
РНДЗ-110/3150У1			3150	125	50,0			
РНД-150/1000У1	150	172	1000	100	40,0			
РНД-150/2000У1			2000					

Окончание таблицы 3.17.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	Главных ножей	Заземляющих ножей	
РДЗ-220/3150УХЛ1	220	252	3150	125	50,0	3	1	ПД-5У1 или ПД-5ХЛ1
РНД-220Б/2000У1			2000	100	40,0			ПР-У1 или 5Д-5ХЛ1
РДЗ-220/1000УХЛ1			1000		40			ПД-5У1 или ПД-5ХЛ1
РДЗ-220/2000УХЛ1		—	2000					ПР-У1 или ПР-ХЛ1

Примечание: в типовом обозначении разъединителей указываются их основные параметры и особенность конструкции; Р — разъединители; В — внутренняя установка; Н — наружная; Л — линейные; К — ножи коробчатого профиля; Д — разъединитель имеет две опорно-изоляционные колонки. Буква З обозначает наличие вариантов исполнения: с одним заземляющим ножом — РНДЗ1а; с двумя заземляющими ножами — РНДЗ2; без заземляющих ножей — РНД. Буквы, стоящие перед напряжением, С — наличие механической блокировки. Буквы, стоящие после напряжения, Б — с усиленной изоляцией.

Таблица 3.17.4. **Технические данные разъединителей**

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
Для внутренней установки										
РВР (З)-10/2500У2 (У3)	10	2500	125	45/4	ПДВ-1У3; ПЧ-50У3; ПР-3У3	ПР-3У3	—	545	1050	—
РВР (З)-10/4000У3	10	4000	125	45/4	ПДВ-1У3; ПЧ-50У3; ПР-3У3	ПР-3У3	—	545	1050	—
РВР (З)-Ш-10/2000У3	10	2000	85	31,5/4	ПДВ-1У3; ПЧ-50У3; ПР-3У3	ПР-3У3	—	790	1100	—
РВР (З)-Ш-12/2000Т3	12	2000	85	31,5/4	ПД-1Т3; ПЧ-50Т; ПД-1Т3	ПР-3Т	—	790	1090	—
РВР (З)-12/4000Т3	12	4000	125	45/4	ПД-1Т3	ПЧ-50Т	—	545	1050	—
РВР (З)-24/63000Т3	24	6300	220	80/4	ПД-1Т3	ПЧ-50Т	—	1050	1490	—
РВР (З)-24/8000Т3	24	8000	300	112/4	ПД-1Т3	ПЧ-50Т	—	1050	1490	—
РВР (З)-20/6300У3	20	6300	220	80/4	ПДВ-1У3; ПЧ-50	ПЧ-50Т	155—225	1050	1400	100
РВР (З)-20/8000У3	20	8000	300	112/4	ПЧ-50	ПЧ-50	227—205	1050	1400	700
РВ-20/630У3	20	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	85	550	1200	—
РВ-20/1000У3	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	87	550	1200	—
РВ-35/630У3	35	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	86	1340	1750	—

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РВ-35/1000У3	35	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	147	1340	1750	—
РВЗ-1а-20/630У3	20	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	95	670 (775)	1200	—
РВЗ-1а (1б)-20/1000У3	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПР-3	96	670 (775)	1200	—
РВЗ-1а (1б)-35/630У3	35	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	97	1340	1750	—
РВЗ-1а (1б)-35/1000У3	35	1000	80	31,5/4	ПР-3	ПР-3	171	1340	1750	—
РВЗ-2-20/630У3	20	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	113	800	1200	—
РВЗ-2-20/1000У3	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПР-3	114	800	1200	—
РВЗ-2-35/630У3	35	630	51	20/4	ПР-3	ПР-3	115	1340	1750	—
РВЗ-2-35/1000У3	35	1000	80	31,5/4	ПР-3	ПР-3	195	1340	1750	—
РВ (З)-33/800Т3	33	800	38	16/4	ПР-3Т	ПР-3Т	—	940	1905	1750
РВ (З)-33/400Т3	33	400	21	8/4	ПР-3Т	ПР-3Т	—	930	1765	1750
РВК-10/2000	10	2000	85	31,5/4	ПР-3У3; ПЧ-50У3;	—	26	350	560	—
					ПДВ-1У3		74	700	980	—
РВК-35/2000	35	2000	115	45/4	ПР-3У3	—	—	1600	820	857
РВП (З)-20/12500У3	20	12500	250	100/4	ПД-12У3	ПЧ-50	23	436	171	468
РВ-6/400	6	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	—	43	381	180	406

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РВФ-6/400	6	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	—	38	391	180	437
РВФ-6/630	6	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	83	381	180	406
РВФ-6/1000	6	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	44	397	180	630
РВФЗ-6/630	6	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	70	410	180	649
РВФЗ-6/1000	6	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	31	191	463	498
РВЗ-10/400	10	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	33	191	470	733
РВЗ-10/630	10	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	49	221	470	773
РВЗ-10/1000	10	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	45	397	200	630
РВФЗ-10/630	10	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	71	410	202	649
РВФЗ-10/1000	10	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР-10; ПР-11	14—17	460	486	380
РЛВОМ-10/1000	10	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	26	191	465	468
РВ-10/400	10	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	—	28	191	470	468
РВ-10/630	10	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	42	210	470	484
РВ-10/1000	10	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	5,9	429	468	—
РВО-40/400	10	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	—	6,3	433	468	—
РВО-10/630	10	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	11	440	480	—
РВО-10/1000	10	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	37	381	191	406
РВФ-10/400	10	400	41	16/4	ПР-10; ПР-11	—				
РВФ-10/630	10	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	40	397	191	401
РВФ-10/1000	10	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	ПР	65	410	175	424
РВЗ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР	53	—	—	—

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РВЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	61	—	—	—
РЛВОМ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	20—24,7	—	—	—
РВФ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	64	410	180	424
РВФ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	70	412	180	466
РВО-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	11,5	441	484	—
РВО-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	14,2	455	510	—
РВФЗ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР	69	410	180	660
РВФЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	75	412	180	660
РВ-15С-1У3	15	—	450/210	90/4	ПДВ-1У3	—	—	1040	920	670—1660
Для наружной установки										
РНД (З)-35/1000У1	35	1000	63	25/4	ПР-У1; ПВ-20У2	ПР-У1; ПВ-20У2	—	715	1170	—
РНД (З)-35/1000ХЛ1	35	1000	63	25/4	ПР-ХЛ1-110В; ПВ-20У; ПРН-110В	ПР-ХЛ1; ПВ-20	—	715	1170	
РНД (З)-35Б/1000У1	35	1000	63	25/4	ПВ-20У; ПРН-110; ПР-У1	ПР-У1; ПВ-20У	—	715	—	
РНД (З)-35У/1000У1	35	1000	63	25/4	ПР-У1; ПРН-110; ПВ-20У	ПР-У1; ПВ-20У	—	1000	—	—

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РНДЗ-35/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1	—	870	—	—
РНДЗ-35/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1	—	870	—	—
РНД (З)-35(Б)/2000У1 (ХЛ1)	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1	—	870	—	—
РНД (З)-35У/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПВ-20У; ПРН-110; ПР-У1	ПВ-20У; ПР-У1	—	1140	—	—
РНД (З)-35/3200У1	35	3200	125	50/3	ПР-У1	ПР-У1	—	—	—	—
РНД (З)-33У/630ТУ	33	630	64	25/4	ПР-Т1	ПР-Т1	—	1100	855	—
РНД (З)-33У/1250Т1	33	1250	80	31,5/4	ПР-Т1	ПР-Т1	—	1140	870	—
РНД (З)-66/6300Т1	66	630	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1400	1805	—
РНД (З)-66У/1250Т1	66	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1565	1845	—
РНД (З)-110/630Т1	110	630	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1556	2343	—
РНД (З)-110/1250Т1	110	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1644	2456	—

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РНД (З)-132/630Т1	132	630	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	2050	2550	—
РНД (З)-132/1250Т1	132	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	2080	2550	—
РНД (З)-220/630Т1	220	630	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	—	—	2650	3370	—
РНД (З)-220/1250Т1	220	1250	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	2670	3370	—
РНД (З)-220У/1250Т1	220	1250	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	4100	3980	—
РНД (З)-110(Б)(У)/1000У1 (ХЛ)	110	1000	80	31,5/3	ПР-У1; ПНД-1У1; ПДН-110В	ПР-У1; (ПР-ХЛ1)	—	1400	1805	—
РНД (З)-110(У)/2000У1 (ХЛ)	110	2000	100	40/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1	—	1485	1580	—
РНД (З)-110/3200У1	110	3200	125	50/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1	—	1625	2000	—
РНД (З)-150/1000У1	150	1000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1	—	2050	2550	—
РНД (З)-150/2000У1	150	2000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1	—	2050	2050	—

Продолжение таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РНД (З)-15Р/3200У1	150	3200	112	45/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1	—	2080	2610	—
РНД (З)-220/1000У1 (ХЛ1)	220	1000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1	—	2650	3370	—
РНД (З)-220(У)/2000У1 (ХЛ1)	220	2000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-ХЛ1	—	2590	3970	—
РНД (З)-220/3200У1	220	3200	125	50/3	ПР-У1; ПДН-У1	ПР-У1	—	2590	3370	—
РНД-330(У)/3200У1	330	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	4300	4755	—
РНД-500/3200У1 (ХЛ1)	500	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	5400	5955	—
РНДЗ.1(2)-330(У)/3200У1	300	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	4300	4755	—
РНДЗ.1(2)-500/3200У1 (ХЛ1)	500	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	5400	4755	—
РПД-500-1(2)/3200У1	500	3200	160	63/2	Электродвигательный	—	6060	—	—	—
РПД-750-1(2)/3200У1	750	3200	160	63/2	Электродвигательный	—	9330	—	—	—

Окончание таблицы 3.17.4

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
РНВ (З).1(2)-500/2000Т1	500	2000	45	16/2	ПДН-220Т	ПРН-1Т1	—	8450	7800	—
РНВ (З).1(2)-750П/4000	750	4000	160	63/2	ПДН-1	ПРН-1	—	—	—	—
РОН-10К/500У2	10	500	180	71/4	ПЧН	—	135	850	670	400

Примечание. Обозначение типа разъединителя: Р — разъединитель; В — внутренней установки; Н — наружной установки; К — с коробчатой токоведущей системой; Д — двухколонковый; В — с вертикальным движением главных ножей (РНВ); Р — рубящего типа; Ф — фигурный; Л — линейный; О — однополюсный; З — с заземляющими ножами; У — с усиленной изоляцией; Б — с механической блокировкой главных и заземляющих ножей; П — наличие рычажной передачи для уменьшения крутящего момента на валу электродвигательного привода; цифры 1 и 2, стоящие перед первым дефисом, обозначают число заземляющих ножей с пластинами. Цифра в числителе — номинальное напряжение, кВ; цифра в знаменателе — номинальный ток, А, буквы после цифр означают климатическое исполнение (У — район с умеренным климатом; Т — с тропическим климатом; ХЛ — с холодным климатом); цифры 1 и 3 на конце обозначают категорию размещения (1 — на открытом воздухе, 3 — в закрытом помещении с естественной изоляцией, 2 — для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха).

Таблица 3.17.5. **Допустимые значения сопротивлений контактных систем разъединителей**

Тип разъединителя	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Допустимое значение сопротивления, мкОм
РЛН	35—220	600	220
РОНЗ	500	2000	200
Остальные типы	Все классы напряжения	600	175
		1000	120
		1500—2000	50

Таблица 3.17.6. **Отделители, короткозамыкатели, заземлители**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Предельный ток термической стойкости/время протекания предельного тока термической стойкости, кА/с	Время отключения/включения, с/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
						главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	глубина
Отделители											
ОД (З)-1а (1б)(2)-35/630	35	630	80	12,5/4	0,5/—	ШПОМ	ПРН-110М	69; 73; 76	850	816	—
ОД (З)-1а (1б)(2)-110У/630	110	630	80	22/3	0,5/—	ШПОМ	ПРН-110М	184; 180; 197; 162	1476	1466	—
ОД-110/1000У1	110	1000	80	31,5/3	0,38/—	ПРО-1У1	—	—	1455	1536	—
ОД-150У/1000У1	150	1000	80	31,5/3	0,4/—	ПРО-1У1	—	—	1960	1985	—
ОД-220/1000У1	220	1000	80	31,5/3	0,5/—	ПРО-1У1	—	—	2650	2435	—
ОД-110/800Т1	110	800	80	31,5/3	0,32/—	ПРО-1Т1	—	—	2036	1535	—
Короткозамыкатели											
КРН-35У1	35	—	42	12,5/4	—/0,1	ПРК-1У1	—	48	610	700—1200	—
КЗ-35У-Т1	35	—	42	12,5/4	—/0,12	ПРК-1У1	—	76	—	—	—
КЗ-110У-У1 (Т1)	110	—	32	12,5/3	—/0,18	ПРК-1У1	—	210	1844	604	—
КЗ-150У-У1	150	—	32	12,5/3	—/0,23	ПРК-1У1	—	250	2444	604	—
КЗ-110У1	110	—	51	20/3	—/0,14	ПРК-1У1	—	180	1344	604	—
КЗ-150У1	150	—	51	20/3	—/0,2	ПРК-1У1	—	210	1844	602	—
КЗ-220У1	220	—	51	20/3	—/0,25	ПРК-1У1	—	250	2444	604	—
Заземлители											
ЗОН-110М (У)(Т)-1(11) У1	110	400	16	6,3/3	—	ПРН-11	—	104	1492	165	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Предельный ток термической стойкости/время протекания предельного тока термической стойкости, кА/с	Время отключения/включения, с/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
						главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	глубина
ЗОВ-20*	20	235	—	112/4	—	ПЧ-50	—	434	—	—	—
ЗР-10У3	10	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	37	335	600	—
ЗР-24У3	24	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	42	465	600	—
ЗР-35У3	35	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	44	570	600	—
ЗР-12Т3	12	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	37	335	600	—
ЗР-24Т3	24	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	43	465	600	—
ЗР-36Т3	36	235	—	90/1	—	ПЧ-50	—	46	570	600	—
ЗР-330-1УХЛ1	330	—	—	—	—	ПРН-1У1	—	210	6300	3405	—
ЗР-330-2УХЛ1	330	—	—	—	—	ПРН-1У1	—	210	6300	3405	—
ЗР-500-1УХЛ1	500	160	—	63/1	—	ПРН-1У1	—	275	8400	4480	—
ЗР-500-2УХЛ1	500	160	—	63/1	—	ПРН-ТУ1	—	265	8400	4480	—
ЗР-750-1УХЛ1	750	—	—	—	—	ПРН-У1	—	430	9400	6565	—
ЗР-750-2УХЛ1	750	—	—	—	—	ПРН-1У1	—	430	9400	6565	—

*Снят с производства.

Примечание. Обозначение типа отделителя: О — отделитель; Д — двухколонковый; З — с заземляющими ножами; М — модернизированный; У — усиленное исполнение изоляции; цифры 1 и 2 после дефиса — число заземляющих ножей; число перед дробной чертой — номинальное напряжение, кВ; число за дробной чертой — номинальный ток, А; У — для работы в районах с умеренным климатом; Т — тропическое исполнение; цифра 1 (в конце) — для работы на открытом воздухе. Обозначение типа короткозамыкателя и заземлителя: КЗ или К — короткозамыкатель; З — заземлитель; О — однополюсный; Р — рубящего типа; В — внутренней установки; Н — наружной установки; М — модернизированный; цифра после дефиса — номинальное напряжение, кВ; У — усиленное исполнение изоляции или для работы в районах с умеренным климатом; Т — тропическое исполнение; ХЛ — для районов с холодным климатом; I и II — варианты исполнения; 1 и 3 (в конце) — категория размещения: 1 — для работы на открытом воздухе, 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной изоляцией.

Таблица 3.17.7. **Заземлители (в однополюсном исполнении)**

Тип	Продольный сквозной ток (амплитуда), кА	$I_{тер}$, кА	Тип привода	Масса, кг
Для внутренней установки				
ЗР-10	235	90	ПЧ-50	37
ЗР-24	235	90	ПЧ-50	42
ЗР-35	235	90	ПЧ-50	44
Для наружной установки				
ЗОН-110М-I	235	6,3	ПРН-II	101
ЗОН-110М-II	235	6,3	ПРН-II	79
ЗОН-110У-I	235	6,3	ПРН-II	144
ЗОН-110У-II	235	6,3	ПРН-II	115

Примечания: 1. В типе: ЗР — заземляющий разъединитель; З — заземлитель; О — однополюсный; Н — наружной установки; М — модернизированный; У — усиленный; I — для изолированной нейтрали; II — для заземленной нейтрали; числа — $U_{ном}$, кВ.

2. Продолжительность тока термической стойкости для ЗР 1 с.

Заземлители рубящего типа

ЗР-330-УХЛ1/ЗР-500-УХЛ1/ЗР-750-УХЛ1:

Предельный сквозной ток (амплитуда), кА 160

$I_{тер}$, кА/время протекания $I_{тер}$, с 63/1

Масса, кг, не более 210/275/430

Таблица 3.17.8. **Наименьшие размеры заземляющих и нулевых защитных проводников**

Наименование	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	в наружных установках	в земле
Неизолированные проводники:					
сечение, мм^2	4	6	—	—	—
диаметр, мм	—	—	5	6	10
Изолированные провода:					
сечение, мм^2	1,5*	2,5	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами:					
сечение, мм^2	1	2,5	—	—	—

Наименование	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	в наружных установках	в земле
Угловая сталь: толщина полки, мм	—	—	2	2,5	4
Полосовая сталь:					
сечение, мм^2	—	—	24	48	48
толщина, мм	—	—	3	4	4
Водогазопроводные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	1,5	2,5	Не допускается

*При прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников допускается применять 1 мм^2, если фазные проводники имеют то же сечение.

Таблица 3.17.9. **Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств**

Вид установки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ, кроме ВЛ	Электроустановка сети с эффективно заземленной нейтралью	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	0,5
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства только для установки выше 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	250/*I*, но не более 10
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства для электроустановки до 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	125/*I*, при этом должны быть выполнены требования к заземлению установки до 1 кВ

Вид установки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением выше 1 кВ, кроме ВЛ	Подстанция с высшим напряжением 20—35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале	Заземлитель подстанции	4, без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ
	Отдельно стоящий молниеотвод	Обособленный заземлитель	80
2. Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, кроме ВЛ	Электроустановка с глухозаземленными нейтралями генераторов или трансформаторов или выводами источников однофазного тока	Искусственный заземлитель с подключенными естественными заземлителями и учетом использования заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух при напряжении источника, В:	
		трехфазный / однофазный	
		660 / 380	2
		380 / 220	4
		220 / 127	8
		Заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока при напряжении источника, В:	
		трехфазный / однофазный	
		660 / 380	15
		380 / 220	30
		220 / 127	60
3. ВЛ напряжением выше 1 кВ	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3—20 кВ в населенной местности, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении ρ, Ом · м:	
		до 100;	10
		более 100 до 500;	15
		более 500 до 1000;	20
		более 1000 до 5000;	30
		более 5000	$6 \cdot 10^{-3}\rho$

Вид установки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
ВЛ напряжением выше 1 кВ	Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3—35 кВ	Заземлитель опоры	250/*I*, но не более 10
	Железобетонные и металлические опоры ВЛ 3—20 кВ в ненаселенной местности	Заземлитель опоры при удельном сопротивлении грунта ρ, Ом · м:	
		до 100;	30
		более 100	0,3ρ
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ 3—220 кВ	Заземлитель разрядника или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта ρ, Ом · м:	
		не выше 1000	10
		более 1000	15
	Разрядники на подходах ВЛ к подстанциям с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника	5
4. ВЛ напряжением до 1 кВ	Опора ВЛ с устройством грозозащиты	Заземлитель опоры для грозозащиты	30
	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений при напряжении источника, В:	
		трехфазный / однофазный	
		660 / 380	5
		380 / 220	10
		220 / 127	20
		Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника, В:	
		трехфазный / однофазный	
		660 / 380	15
		380 / 220	30
		220 / 127	60

Таблица 3.17.10. **Камеры дугогасительные вакуумные**

Параметры	Тип камеры						
	КДВ 1-250	КДВ 12-37	КДВ 2-10-5/400	КДВХ3-10-20/16000	КДВХ4-10-31,5/1600	КДВ-35-25/1600	КДВХ4-10-40/3150
Номинальное напряжение, кВ	1,14	1,14	10	10	10	35	10
Номинальный ток, А	250	400	400	1600	1600	1600	3150
Номинальный ток отключения, кА	3	3,45	5	20	31,5	25	40
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов "ВО"							
в категории применения АС-3	1600	6300	—	—	—	—	—
в категории применения АС-4	300	2000	—	—	—	—	—
при номинальном токе	—	—	750	30	40	20	4
при номинальном токе отключения	—	—	0,05	0,05	0,05	0,05	0,025
Механический ресурс, тыс. циклов "ВО"	5000	5000	750	50	50	20	25
Габаритные размеры, мм							
длина	65	150	185	240	253	410	280
диаметр корпуса	50	80	75	108	153	150	162
Масса, кг	0,4	0,95	1,74	3,8	6,9	10	12,4
Производитель: ОАО "Электрокомплекс" (г. Минусинск).							

Таблица 3.17.11. **Электромагнитные приводы**

Тип	Установившийся ток при напряжении 110 и 220 В*			
	включающего электромагнита		отключающего электромагнита	
	Ток, А	Пределы оперативной работы привода, %	Ток, А	Пределы оперативной работы привода, %
ПЭ-11	120/60	85/110	2,5/1,25	65—120
ПЭ-21У3	290/145	—	5/2,5	—
ПЭ-21АУ3	—/250	—	—/5	—
ПЭ-22	—/148—250	—	—/3,5	—
ПЭГ-8	212/106	—	2,5/1,25	—
ПС-31У3	333/166,5	—	—/2,5	—
ШПЭ-31	248/124	—	10/5	—

Тип	Установившийся ток при напряжении 110 и 220 В*			
	включающего электромагнита		отключающего электромагнита	
	Ток, А	Пределы оперативной работы привода, %	Ток, А	Пределы оперативной работы привода, %
ШПЭ-33	488/244	—	10/5	—
ШПЭ-46	640	—	20/10	—
ШПЭ-12	202/101	—	5/2,5	—
ШПЭ-44	480/240	93,5—121 В 187—242 В	10/5	71,5—132 В 143—264 В

*В числителе для 110 В, в знаменателе для 220 В.

3.18. Конденсаторы и конденсаторные установки

Конденсаторы предназначены для повышения коэффициента мощности электроустановок переменного тока и для применения в конденсаторных установках.

Таблица 3.18.1. **Технические данные конденсаторов для t = 40 °С**

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Емкость, мкФ	Высота, Н, мм
I серия				
КМ1-0,38-13-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	13	286	404
КМ1-0,50-13-3У3 (1У3, 2У3)	0,5	13	165	404
КМ1-0,66-13-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	13	95	418
КМ1-3,15-2У3	3,15	13	4,2	441
КМ1-6,3-13-2У3	6,3	13	1	471
КМ1-10,5-13-2У3	10,5	13	0,4	526
КМ2-0,38-26-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	26	572	719
КМ2-0,50-26-3У3 (1У3, 2У3)	0,5	26	330	719
КМ2-0,66-26-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	26	190	733
КМ2-3,15-26-2У3	3,15	26	8,4	756
КМ2-6,3-26-2У3	6,3	26	2	786

Продолжение табл. 3.18.1

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Емкость, мкФ	Высота, Н, мм
КМ2-10,5-26-2У3	10,5	26	0,8	841
КС2-1,05-50-2У3	1,05	50	145	733
КС2-6,3-50-2У3	6,3	50	4	786
КС2-10,5-50-2У3	10,5	50	1,4	841
II серия				
КС1-0,23-6,5-3У3 (1У3, 2У3)	0,23	6,5	391	404
КС1-0,38-18-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	18	397	404
КС1-0,50-18-3У3 (1У3, 2У3)	0,5	18	229	404
КС1-0,66-20-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	20	146	418
КС2-0,23-13-3У3 (1У3, 2У3)	0,23	13	783	719
КС2-0,38-36-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	36	794	725
КС2-0,50-36-3У3 (1У3, 2У3)	0,5	36	488	725
КС2-0,66-40-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	40	292	733
III серия				
КС1-0,23-9-3У3 (1У3, 2У3)	0,23	9	542	410
КС1-0,38-25-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	25	552	410
КС1-0,66-25-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	25	183	418
КС1-1,05-37,5-2У3 (1У3)	1,05	37,5	105	418
КС1-3,15-37,5-2У3 (1У3)	3,15	37,5	12	441
КС1-6,3-37,2-2У3 (1У3)	6,3	37,5	3	471
КС1-10,5-37,5-2У3 (1У3)	10,5	37,5	1	526
КС1-0,38-25-3ХПЛ1 (2ХПЛ1)	0,38	25	552	472
КС1-0,66-25-3ХПЛ1 (2ХПЛ1)	0,66	25	183	466
КС1-1,05-37,5-2ХЛ1	1,05	37,5	108	466
КС1-3,15-37,5-2ХЛ1	3,15	37,5	39,9	466
КС1-6,3-37,5-2ХЛ1	6,3	37,5	3	506
КС1-10,5-37,5-2ХЛ1	10,5	37,5	1	546
КС2-0,23-18-3У3 (1У3, 2У3)	0,23	18	1084	725
КС2-0,38-50-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	50	1104	725
КС2-0,66-50-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	50	336	739
КС2-1,05-75-2У3 (1У3)	1,05	75	216	739
КС2-3,15-75-2У3 (1У3)	3,15	75	24	756
КС2-6,3-75-2У3 (1У3)	6,3	75	6	786
КС2-10,5-75-2У3 (1У3)	10,5	75	2	841
КС2-0,38-50-3ХЛ1 (2ХЛ1)	0,38	50	1104	787

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Емкость, мкФ	Высота, Н, мм
КС2-0,66-50-3ХЛ1 (2ХЛ1)	0,66	50	366	781
КС2-3,15-75-2ХЛ1	3,15	75	24	781
КС2-6,3-75-2ХЛ1	6,3	75	6	821
КС1-10,5-75-2ХЛ1	10,5	75	2	861
IV серия				
КС0-0,23-4-3У3 (1У3, 2У3)	0,23	4	241	259
КС0-0,38-12,5-3У3 (1У3, 2У3)	0,38	12,5	276	259
КС0-0,66-12,5 (1У3, 2У3)	0,66	12,5	91	273
КС0-3,15-25-2У3 (1У3)	3,15	25	8	296
КС0-6,3-25-2У3 (1У3)	6,3	25	2	326
КС0-10,5-25-2У3 (1У3)	10,5	25	0,7	381
КС0-3,15-50-2У3 (1У3)	3,15	50	16	441
КС1-6,3-50-2У3 (1У3)	6,3	50	4	471
КС1-10,5-50-2У3 (1У3)	10,3	50	1,4	526
КС2-3,15-100-2У3 (1У3)	3,15	100	32	756
КС2-6,3-100-2У3 (1У3)	6,3	100	8	786
КС2-10,5-100-2У3 (1У3)	10,5	100	2,8	841
V серия				
КСК1-0,38-30-3У3 (2У3)	0,38	30	662	410
КСК1-0,40-33 1/3-3У3 (2К3)	0,4	$33^1/_3$	663	410
КСК1-0,66-40-3ХЛ1 (2ХЛ1)	0,66	40	292	472
КСК1-1,05-63-3ХЛ1	1,05	63	182	472
КСК1-3,15-75-2ХЛ1	3,15	75	24	466
КСК1-6,3-75-2ХЛ1	6,3	75	6	506
КСК1-10,5-75-2ХЛ1	10,5	75	2	546
КСК2-0,66-80-3ХЛ1 (2ХЛ1)	0,66	80	585	787
КСК2-3,15-150-2ХЛТ	3,15	150	48	787
КСК2-1,05-125-2ХЛТ	1,05	125	361	787
КСК2-6,3-150-2ХЛ1	6,3	150	12	821
КСК2-10,5-150-2ХЛ1	10,5	150	4	861

Примечание. Структура условного обозначения следующая: ХХХХ-тип; Х — номинальное напряжение, кВ; Х — номинальная мощность, квар; Х — конструктивное исполнение в зависимости от качества изолированных выводов (1, 2, 3); ХХ — вид климатического исполнения.

Таблица 3.18.2. **Номинальные напряжения и мощности единичных конденсаторов**

$U_{ном}$, кВ	Номинальная мощность, квар															
	II серия				III серия				IV серия					V серия		
	КС1*		КС2*		КС1		КС2		КС0	КС1		КС2		КСК1**		КСК2**
	Климатическое исполнение															
	У1	У3	У1	У3	У1	У3; ХЛ1	У1	У3; ХЛ1	У1; У3	У1	У3	У1	У3	У3	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1
0,23	6,5	6,5	13	13	9	9	18	18	4	—	—	—	—	10	—	—
0,38	14	18	28	36	20	25	40	50	12,5					30		
0,4														33/1/3		
0,5					—	—	—	—	—					—		
0,66; 0,69	16	20	32	40	20	25	40	50	12,5						40	80
1,05	—	—	—	—	30	37,5	60	75	—	37,5	50	75	100		63	125
3,15—11									25						75	150

* Для внутренних установок.
** Для наружных установок.

Таблица 3.18.3. **Допустимое изменение емкости конденсаторов**

Наименование	Допустимое изменение измеренной емкости конденсатора относительно паспортного значения, %	
	при первом включении	в эксплуатации
Конденсаторы связи, отбора мощности и делительные	±5	±5
Конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы, используемые для защиты от перенапряжений	±5	±10
Конденсаторы продольной компенсации	+5 −10	±10

Таблица 3.18.4. **Установки конденсаторные**

Типоразмер	$I_{ном}$ одной фазы, А	Число ступеней	Габариты, м	Масса, кг
Установки 0,38 кВ со ступенью регулирования 50 квар, У3				
УКЛН-0,38-150-50	228	3	1,22 × 0,53 × 1,66	335
УКПН-0,38-300-50	456	6	1,92 × 0,53 × 1,66	575
УКЛН-0,38-450-50	684	9	2,62 × 0,53 × 1,66	820
Установки 0,38 кВ со ступенчатым ручным регулированием, У3				
УКЛ (П)-0,38-216	336	2	1,92 × 0,5 × 1,66	607
УКЛ (П)-0,38-300	458			
УКЛ (П)-0,38-324	488	3	2,62 × 0,5 × 1,66	875
УКЛ (П)-0,38-450	686			
УКЛ (П)-0,38-432	656	4	3,3 × 0,5 × 1,66	1145
УКЛ (П)-0,38-600	916			
Установки 0,38 кВ с автоматическим регулированием со ступенями регулирования 108 и 150 квар, У3				
УКЛ (ПН)-0,38-300-150	458	2	1,92 × 0,5 × 1,66	612
УКЛ (ПН)-0,38-216-108	336			
УКЛ (ПН)-0,38-450-150	686	3	2,6×2 × 0,5 × 1,66	880
УКЛ (ПН)-0,38-324-108	488			
УКЛ (ПН)-0,38-600-150	916	4	3,32 × 0,5 × 1,66	1150
УКЛ (ПН)-0,38-432-108	656			

Типоразмер	$I_{ном}$ одной фазы, А	Число ступеней	Габариты, м	Масса, кг
Установки 0,38 кВ с автоматическим регулированием со ступенью 50 квар, УЗ				
УКБН-0,38-100-50	—	2	0,8 × 0,44 × 1,025	195
УКБН-0,38-200-50	—	4	0,8 × 0,44 × 1,81	365
УКБН-0,38-300-50	—	6	0,8 × 0,44 × 2,6	530
Установки 0,38 кВ нерегулируемые, УЗ				
УК-0,38-75	114	—	0,7 × 0,5 × 1,26	150
УК-0,38-150	228	—	0,7 × 0,65 × 1,66	245
Установки 0,66 кВ с автоматическим регулированием по напряжению и току со ступенями регулирования 240 квар, УЗ				
УКЛ (П) НТ-0,66-240	—	1	1,2 × 0,5 × 1,66	370
УКЛ (П) НТ-0,66-480	—	2	1,9 × 0,5 × 1,66	640
УКЛ (П) НТ-0,66-720	—	3	2,6 × 0,5 × 1,66	910
Установки 6,3; 10,5 кВ нерегулируемые, У1*				
Число ячеек				
УКЛ-6,3-450	—	1	2,2 × 0,85 × 1,8	700
УКЛ-6,3-900	—	2	3 × 0,85 × 1,8	950
УКЛ-6,3-1350	—	3	3,8 × 0,85 × 1,8	1200
УКЛ-6,3-1800	—	4	4,6 × 0,85 × 18	1450
Установки 6,3; 10,5 кВ нерегулируемые, УЗ**				
Число ячеек				
УКЛ-6,3-450	—	1	2,2 × 0,8 × 1,6	600
УКЛ-6,3-900	—	2	3 × 0,8 × 1,6	900
УКЛ-6,3-1350	—	3	3,8 × 0,8 × 1,6	1200
УКЛ-6,3-1800	—	4	4,6 × 0,8 × 1,6	1500
УКЛ-6,3-2250	—	5	5,4 × 0,8 × 1,6	1800
УКЛ-6,3-2700	—	6	6,2 × 0,8 × 1,6	2100
УКЛ-6,3-3150	—	7	7 × 0,8 × 1,6	2400

*Все параметры установок 10,5 кВ совпадают с параметрами установок 6,3 кв.

**Все параметры установок 6,3 кВ с левым и правым размещением ячейки совпадают, параметры установок 10,5 кВ также совпадают с параметрами установок 6,3 кВ.

Примечание. В обозначении типоразмера: УК — установка конденсаторная, Л и П — размещение ячейки ввода — левое или правое, Н — регулирование по напряжению, Б — бесшкафная установка.

Таблица 3.18.5. **Технические данные конденсаторных установок**

Тип	Номинальная мощность, квар	Напряжение, кВ	Количество конденсаторных ячеек	Высота, мм	Масса, кг
УКМ-6,3-400У1	400	6,3	2	2060	900
УКМ-10,5-400У1	400	10,5	2	2060	910
УКМ-6,3-600У1	600	6,3	3	2060	1185
УКМ-10,5-600У1	600	10,5	3	2060	1200
УКЛ-6,3-450У1	450	6,3	1	1800	700
УКЛ-6,3-900У1	900	6,3	2	1800	950
УКЛ-6,3-1350У1	1350	6,3	3	1800	1200
УКЛ-6,3-1800У1	1800	6,3	4	1800	1450
УКЛ-10,5-450У1	450	10,5	1	1800	700
УКЛ-10,5-900У1	900	10,5	2	1800	950
УКЛ-10,5-1350У1	1350	10,5	3	1800	1200
УКЛ-10,5-1800У1	1800	10,5	4	1800	1450
УК-6,3-300Л (П) У3	300	6,3	3	1800	670
УК-10,5-300Л (П) У3	300	10,5	3	1800	670
УК-6,3-450Л (П) У3	450	6,3	3	1800	670
УК-10,5-450Л (П) У3	450	10,5	3	1800	670
УК-6,3-675Л (П) У3	675	6,3	4	1800	915
УК-10,5-675Л (П) У3	675	10,5	4	1800	915
УК-6,3-600Л (П) У3	600	6,3	5	1800	1160
УК-6,3-900Л (П) У3	900	6,3	5	1800	1160
УК-10,5-600Л (П) У3	600	10,5	5	1800	1160
УК-10,5-900Л (П) У3	900	10,5	5	1800	1160
УК-6,3-750Л (П) У3	750	6,3	6	1800	1450
УК-10,5-750Л (П) У3	750	10,5	6	1800	1405
УК-6,3-1125Л (П) У3	1125	6,3	6	1800	1405
УК-10,5-1125Л (П) У3	1125	10,5	6	1800	1405

Примечание. УК — установка конденсаторная; М — модернизированная; Л — размещение ячеек ввода слева: номинальное напряжение, кВ; номинальная мощность, квар; климатическое исполнение и категория размещения.

Реактивная мощность нагрузки определяется на основании данных о значениях активной мощности нагрузки и cosφ. Естественные cosφ промышленных предприятий определяют по данным специализированных проектных институтов. При отсутствии таких данных можно воспользоваться ориентировочными значениями по отраслям промышленности, приведенными ниже:

Предприятия	cosφ
Тяжелого машиностроения	0,73
Станкостроения	0,68
Инструментальные	0,69
Шарикоподшипниковые	0,83
По производству подъемно-транспортных машин	0,75
Автотракторные	0,79
По производству сельскохозяйственных машин	0,79
Приборостроения	0,79
Авторемонтные	0,65
Вагоноремонтные	0,69
По производству электротехнического оборудования	0,82
Металлообрабатывающие	0,87
Органической химии	0,75—0,8
По производству резинотехнических изделий	0,65—0,7
Анилинокрасочные	0,7
По производству искуственных волокон (капроновое, хордное, штапельное производство)	0,7—0,75
Нефтеперерабатывающий завод	0,9
Горнорудные	0,65—0,7
Металлургические:	
без термической сварки	0,7
с термической сваркой	0,85

3.19. Освещение

Лампы накаливания общего назначения

Лампы накаливания общего назначения (ЛОН) в настоящее время являются наиболее массовыми источниками света. Они предназначены для работы в сетях переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 220 В. Средняя продолжительность горения ламп — 1000 часов. В обозначении лампы бу-

квы и цифры означают: В — вакуумная; Б — биспиральная с аргоновым наполнением; БО — биспиральная с аргоновым наполнением в опаловой колбе; Г — моноспиральная с аргоновым наполнением; РН — лампы накаливания различного назначения; 220—230 — диапазон напряжения сети, В, в котором рекомендуется эксплуатировать лампу; 100 — мощность лампы, Вт.

Таблица 3.19.1. **Технические характеристики ламп накаливания типа В, Б, РН (см. табл. 3.19.10)**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Габариты, мм		Тип цоколя
			L	*D*	
В 220-230-25-1*	25	220	105	61	Е27
Б 220-230-25-1*	25	200	105	61	Е27**
Б 220-230-25-2	25	200	98	51	Е27**
Б 220-230-40*	40	430	110	61	Е27
Б 220-230-40-1*	40	430	105	61	Е27**
Б 220-230-40-2*	40	415	98	51	Е27
Б 225-235-40-2*	40	355	98	51	Е27
Б 220-230-60*	60	730	110	61	Е27
Б 220-230-60-1*	60	730	105	61	Е27**
Б 220-230-60-2*	60	715	98	51	Е27
Б 225-235-60-2*	60	655	98	51	Е27
Б 220-230-75-1*	75	960	105	61	Е27**
Б 220-230-75-2	75	960	110	61	Е27**
Б 220-230-100*	100	1380	110	61	Е27
Б 220-230-100-1*	100	1380	105	61	Е27**
Б 225-235-100-2*	100	1203	98	51	Е27
Б 235-245-150	150	2180	130	71	Е27
Б 235-245-150-1*	150	2180	130	71	Е27
РН 220-230-200-1	200	2950	145	71	Е27
РН 220-230-300	300	3350	140	91	Е27
РН 230-240-300	300	4800	200	91	Е40
РН 215-225-500	500	8400	240	132	Е40
РН 215-225-500-1	500	8400	240	112	Е40

*Возможно изготовление ламп в опаловых колбах.
**Возможно изготовление с цоколями В 22d.
Примечание. *D* — диаметр колбы; *L* — высота лампы.
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).

Лампы накаливания зеркальные

Зеркальные лампы накаливания (лампы-светильники) предназначены для освещения помещений с высокими пролетами, подсветки витрин и рекламы, используются при фото- и киносъемках и для других целей. Пространственное распределение светового потока лампы определяется формой колбы, на внутреннюю поверхность которой нанесено зеркальное покрытие. Зеркальные лампы накаливания выпускаются с концентрированной (ЗК), широкой (ЗШ), и косинусной (ЗД) кривой светораспределения.

Зеркальные лампы типа ИКЗ являются высокоэффективным источником инфракрасного излучения и применяются для обогрева молодняка животных, в технологических процессах сушки продуктов, лаков, красок и других целей.

Таблица 3.19.2. **Технические характеристики ламп накаливания типа ЗК и ИКЗ (см. табл. 3.19.12)**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Сила света, кд	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ЗК 125-135-200	200	2600	2500	1500	175	126	E27
ЗК 125-135-500-2	500	7100	8000	1000	267	160	E40
ЗК 215-225-300-1	300	3600	3000	1000	262	160	E40
ЗК 215-225-500	500	5000	5050	1500	262	160	E40
ЗК 215-225-500-1	500	6400	6200	1000	262	160	E40
ЗК 220-230-25 (R39)	25	—	180	1000	66,5	39	E14
ЗК 220-230-25-1 (R50)	25	—	180	1000	87	50	E40
ЗК 220-230-40-1 (R50)	40	—	350	1000	87	50	E14
ЗК 220-230-40-2 (R63)	40	—	450	1000	105	63,5	E27
ЗК 220-230-60-2 (R63)	60	—	800	1000	105	63,5	E27
ЗК 220-230-200	200	2150	2100	1500	175	126	E27
ЗК 220-230-300	300	3100	2800	1500	175	126	E27
ЗД 220-230-60 (R80)	60	—	200	1000	116	81	E27
ЗД 220-230-75 (R80)	75	—	280	1000	116	81	E27
ЗД 220-230-100 (R80)	100	—	410	1000	116	81	E27
ИКЗ 215-225-250-1	250	2350*	—	5000	175	134	E27
ИКЗ 215-225-500	500	2350*	—	6000	250	134	E40

* Цветовая температура, К.

Лампы накаливания местного освещения

Лампы накаливания местного освещения типа МО предназначены для освещения рабочих мест станочного парка и другого технологического оборудования. Лампы выпускаются на рабочее напряжение 12, 24 и 36 В, что соответствуют требованиям по электробезопасности.

Таблица 3.19.3. **Технические характеристики ламп накаливания типа МО (см. табл. 3.19.13)**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Габариты		Тип цоколя
				L	D	
МО 24-25	24	25	350	108	61	E27
МО 36-25	36	25	300	108	61	E27
МО 12-40	12	40	620	108	61	E27
МО 36-40	36	40	580	108	61	E27
МО 36-60	36	60	950	108	61	E27
МО 36-100	36	100	1590	108	61	E27

Средняя продолжительность горения — 1000 ч.
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).

Лампы накаливания кварцевые галогенные типа КГ

Линейные кварцевые галогенные лампы типа КГ применяются в качестве источника света для прожекторов различного назначения, для освещения помещений производственного и культурно-спортивного назначения, для целей архитектурного и рекламного освещения и т. п. Пример обозначения: КГ220-500 — КГ — кварцево-галогенная лампа; 220 — номинальное значение напряжения питания, В; 500 — мощность лампы, Вт; дополнительная буква Д после первых двух букв означает применение в лампе дифференцированного тела накала.

Таблица 3.19.4. **Технические характеристики ламп накаливания типа КГ**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты		Тип цоколя
					L	*D*	
КГ 220-500-1	500	14000	3200	1500	132	11	R7s
КГ 220-500-5	500	9500	—	1500	119	12	R7s
КГ 220-500-6	500	9500	—	1500	132	12	R7s
КГ 220-1000-3	1000	26000	3200	400	180	11	Плоск. Мет.
КГ 220-1000-4	1000	26000	3200	420	180	11	R7s
КГ 220-1000-5	1000	22000	—	2000	189	12	R7s
КГ 220-1000-8	1000	22000	—	1500	189	12	R7s
КГ 220-1500	1500	33000	—	2000	254	12	R7s
КГ 220-2000-2	2000	54900	3200	450	236	11	Плоск. Мет.
КГ 220-2000-3	2000	54900	3200	450	236	11	R7s
КГ 220-2000-4	2000	44000	—	2000	335	12	R7s
КГ 220-2000-5	2000	54900	3200	450	262	11	Спец.
КГ 220-230-100	100	1300	—	1500	80	12	R7s
КГ 220-230-150	150	2100	—	1500	119	12	R7s
КГ 220-230-150-1	150	2100	—	1500	80	12	R7s
КГ 220-230-200	200	3200	—	2000	119	12	R7s
КГ 220-230-300	300	5000	—	2000	119	12	R7s
КГ 220-230-500	500	9500	—	2000	119	12	R7s
КГ 220-230-900	900	22000	—	1500	191	12	R7s
КГ 220-230-1000	1000	22000	—	2000	191	12	R7s
КГ 220-230-1300	1300	33000	—	1500	256	12	R7s
КГ 220-230-1500	1500	33000	—	2000	256	12	R7s
КГ 220-230-1750	1750	44000	—	1500	337	12	R7s
КГ 220-230-5000	5000	110000	—	3000	520	20,5	K27s/96-1
КГ 220-230-10000	10000	220000	—	3000	655	27	K27s/96-1
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).							

Лампы люминесцентные

Люминесцентные лампы делятся на две группы: общего и специального назначения. Лампы общего назначения предназначены для целей освещения. Лампы специального назначения имеют специальные эксплуатационные свойства, обусловленные конструкцией, спектром излучения и т. д.

Люминесцентные лампы эксплуатируются в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц номинальным напряжением 220 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой, обеспечивающей зажигание лампы, нормальный режим работы и устранение радиопомех.

В обозначении лампы буквы и цифры означают: первая буква — Л — люминесцентная; следующие одна или две буквы — цвет излучения: Б — белый; ТБ — тепло-белый; Д — дневной; буква Ц после обозначения цвета означают высокое (де люкс) качество цветопередачи; следующие одна или две буквы обозначают конструктивные особенности: УТ — универсальная транспортная; цифры, стоящие после букв обозначают мощность лампы, Вт.

Таблица 3.19.5. **Технические характеристики люминесцентных ламп типов ЛБ, ЛД, ЛБУТ**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
				L	*D*	
ЛБ 4-7	4	120	6000	150,1	16	G5
ЛБ 6-7	6	240	7500	226,3	16	G5
ЛБ 8-7	8	350	7500	302,5	16	G5
ЛБ 13-7	13	770	7500	531,1	16	G5
ЛБ 20-2	20	1060	10000	604	32	G13
ЛД 20-2	20	880	10000	604	32	G13
ЛБ 40	40	3000	10000	1213,6	38,5	G13
ЛБ 40-2	40	3000	10000	1213,6	32	G13
ЛД 40	40	2300	10000	1213,6	38,5	G13
ЛД 40-2	40	2300	10000	1213,6	32	G13
ЛБ 80-7	80	5200	12000	1514,2	40,5	G13
ЛД 80-7	80	4250	12000	1514,2	40,5	G13
ЛБУТ 20-2	20	1060	10000	604	32	G13
ЛБУТ 40-2	40	2800	10000	1213,6	32	G13
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).						

Лампы люминесцентные компактные

Компактные люминесцентные лампы являются современными энергоэкономичными источниками света, используются в светильниках местного, общего, и декоративного освещения жилых и административных помещений. Лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой (ПРА). Лампы типа КЛ имеют встроенный в цоколь стартер и эксплуатируются с электромагнитными ПРА. Компактные люминесцентные лампы типа КЛУ предназначены для работы как с электромагнитными, так и с электронными ПРА. Лампы типа КЛЭ имеют встроенный в цокольную часть лампы электронный ПРА, стандартный цоколь E14 или E27 и предназначены для прямой замены ламп накаливания.

Таблица 3.19.6. **Технические характеристики компактных люминесцентных ламп типов КЛ, КЛУ, КЛЭ**

Тип лампы	Напряжение на лампе, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	$T_{цв}$, К	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
						L	*D*	
КЛ 7/ТБЦ; ТБЦ-1	45	7	400	2700	8000	135	13	G23
КЛУ 7/ТБЦ; ТБЦ-1	45	7	400	2700	8000	135	13	2G7
КЛ 9/ТБЦ; ТБЦ-1	60	9	600	2700	8000	167	13	G23
КЛУ 9/ТБЦ; ТБЦ-1	60	9	600	2700	8000	167	13	2G7
КЛ 11/ТБЦ; ТБЦ-1	90	11	900	2700	8000	235	13	G23
КЛУ 11/ТБЦ; ТБЦ-1	90	11	900	2700	8000	235	13	2G7
КЛЭ 11-4	220*	11	600**	3500	8000	143	42	E27
КЛЭ 15-4	220*	15	900**	3500	8000	180	42	E27
КЛЭ 20-4	220*	20	1200**	3500	8000	200	42	E27
КЛЭ 20-6	220*	20	1200**	3500	8000	157	52	E27
КЛЭ 23-6	220*	23	1500**	3500	8000	176	52	E27

*Значение номинального напряжения сети.
**После 100 ч горения.
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).

Лампы разрядные ртутные высокого давления

Дуговые ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ используются для освещения улиц, открытых пространств, производственных площадей, где не предъявляется высоких требований к цветопередаче и характеризуются высокой световой отдачей и большой продолжительностью горения.

Лампы ДРЛФ 400-1 имеют повышенную долю излучения в красной области спектра, рефлекторный отражающий слой на внутренней поверхности колбы и предназначены для использования в облучательных установках при выращивании растений в теплично-парниковых хозяйствах, оранжереях, фитотронах.

Лампы ДРЛ, ДРЛФ эксплуатируются в сетях переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующими пускорегулирующими аппаратами (ПРА).

Дуговые ртутные лампы высокого давления типа ДРВ эксплуатируются без пускорегулирующих аппаратов и используются для прямой замены ламп накаливания. Основное назначение ламп ДРВ160, ДРВ250, ДРВ500, ДРВ750-1 — освещение парковых зон, открытых пространств.

Лампа ДРВ 750 предназначена для дополнительного облучения растений в теплично-парниковых хозяйствах.

Таблица 3.19.7. **Технические характеристики ртутных ламп типов ДРЛ, ДРЛФ, ДРВ (см. табл. 3.19.14)**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Фитопоток, мфт	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ДРЛ 125 (8)-1	125	6000		12000	178	76	E27
ДРЛ 250 (8)-1	250	13200		12000	228	91	E40
ДРЛ 250 (8)-ПН	250	13200		12000	228	91	E40
ДРЛ 400 (8)-1	400	23700		15000	292	122	E40
ДРЛ 700 (8)	700	40800		20000	357	152	E40
ДРЛ 1000 (8)-1	1000	58500		18000	411	167	E40
ДРЛФ 400-1	400	20000	18000	7000	350	152	E40
ДРВ 160-1	160	2500		3000	178	76	E27
ДРВ 250	250	4600		3000	228	91	E40

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Фитопоток, мфт	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ДРВ 500	500	12250	22000	3000	292	122	E40
ДРВ 750	750	22000		2500	368	152	E40
ДРВ 750-1	750	22000		3000	357	152	E40
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).							

Лампы разрядные высокого давления металлогалогенные типа ДРИ для общего освещения

Лампы разрядные металлогалогенные типа ДРИ с индексами 5 и 6 предназначены для освещения открытых пространств, промышленных помещений, обеспечивают достаточно высокое качество цветопередачи (Ra = 65). Лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 и 380 В с соответствующей пуско-регулирующей аппаратурой и импульсным зажигающим устройством.

Таблица 3.19.8. **Технические характеристики металлогалогенных ламп типа ДРИ (см. табл. 3.19.16)**

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	$T_{цв}$, K	Ra	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм			Тип цоколя
						L	*D*	*H*	
ДРИ 250-5	250	19500	4200	65	10000	227	91	142	E40
ДРИ 250-6	250	19500	4200	65	3000	227	62	142	E40
ДРИ 400-5	400	36000	4200	65	10000	290	122	185	E40
ДРИ 400-6	400	33000	4200	65	3000	290	62	185	E40
ДРИ 700-5	700	60000	4200	65	9000	370	152	240	E40
ДРИ 700-6	700	56000	4200	65	3000	345	80	220	E40

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	$T_{цв}$, K	Ra	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм			Тип цоколя
						L	*D*	*H*	
ДРИ 1000-5	1000	103000	4200	65	9000	390	176	245	E40
ДРИ 1000-6	1000	103000	4200	65	3000	345	80	220	E40
ДРИ 2000-6	2000	200000	4200	65	2000	430	100	255	E40
ДРИ 3500-6	3500	350000	4200	65	1500	430	100	255	E40

H — высота светового центра.

Металлогалогенные разрядные лампы высокого давления типа ДРИ с индексом 1М характеризуются высоким качеством цветопередачи, высокой световой отдачей и используются для освещения открытых и закрытых спортивных сооружений, площадей, производственных помещений, кино- и телесъемочных площадок.

Технические данные металлогалогенных ламп типа ДРИ-1М

Тип лампы	ДРИ 400-1М	ДРИ 1000-1М	ДРИ 2000-1М	ДРИ 3000-1М
Мощность, Вт	360	1000	2000	3500
Световой поток, лм	25200	80000	170000	300000
Качество цветопередачи, Ra	75	75	80	85
Средняя продолжительность горения, ч	1100	1100	900	650
Габариты *L*, *D*, *H*, мм	330, 62, 175	405, 80, 220	485, 100, 260	485, 100, 260
Тип цоколя	E40	E40	E40	E40

Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия)

Натриевые лампы высокого давления

Натриевые лампы высокого давления типа ДНаТ являются наиболее экономичными из всех существующих источников света и широко применяются для освещения улиц, автотрасс, площадей, промышленных территорий и других открытых пространств, где не предъявляется высоких требований к качеству

цветопередачи. Лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой.

Таблица 3.19.9. **Технические характеристики натриевых ламп типов ДНаТ, ДНаМТ, ДНаЗ (см. табл.3.19.15)**

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
				L	*D*	
ДНаТБР70	70	4200/4500*	5000	143	30	E27
ДНаТБР100	100	6800/7000*	5000	165	36	E27
ДНаТ 100	100	10500	16000	211	48	E40
ДНаТ 150	150	15000	16000	211	48	E40
ДНаТ 250	250	28000	20000	250	48	E40
ДНаТ 400	400	48000	20000	278	48	E40
ДНаТ 1000	1000	130000	16000	390	66	E40
ДНаМТ 220	220	19000	12000	227	91	E40
ДНаМТ 350	350	33000	12000	292	122	E40
ДНаЗ 100	100	9800	16000	250	96	EX40/46
ДНаЗ 150	150	14000	16000	250	96	EX40/46
ДНаЗ 250	250	26000	20000	320	122	EX40/60x47
ДНаЗ 400	400	46000	20000	320	122	EX40/60x47
ДНаЗ 600	600	86000	20000	320	122	EX40/60x47

*После 100 часов горения.
Производитель: ОАО "Лисма" (Мордовия).

Лампы общего назначения (стандартные)

Таблица 3.19.10. **Технические параметры ламп общего назначения типов Б и РН**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
Б 220-230-25-1	225	25	200	1000	105	61	E27
Б 220-230-40-1	225	40	430	1000	105	61	E27
Б 220-230-60-1	225	60	730	1000	105	61	E27

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
Б 220-230-75-1	225	75	960	1000	105	61	E27
Б 220-230-100	225	100	1380	1000	105	61	E27
Б 225-235-40-2	230	40	355	1000	98	51	E27
Б 225-235-60-2	230	60	655	1000	98	51	E27
Б 225-235-100-2	230	100	1203	1000	98	51	E27
Б 235-245-150-1	240	150	2180	1000	130	71	E27
РН 220-230-15-4	225	15	90	600	65	22	E14
РН 220-230-200-1	225	200	2950	1000	145	71	E27
РН 220-230-300	225	300	3350	1000	140	91	E27
РН 230-240-300	235	300	4800	1000	200	91	E40
РН 215-225-500	220	500	8400	1000	240	132	E40

Лампы общего назначения (миньоны)

Таблица 3.19.11. **Технические параметры миньонов типов ДС и ДСО**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ДС 220-230-40	225	40	400	1000	103	36	E14
ДС 220-230-60	225	60	680	1000	103	36	E14
ДСО 235-245-40	240	40	395	1000	103	36	E14
ДСО 235-245-60	240	60	670	1000	103	36	E14

Лампы общего назначения (зеркальные)

Таблица 3.19.12. **Технические параметры зеркальных ламп типов ЗК и ЗД**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ЗК 220-230-40 (R63)	225	40	250	1000	102,5	63,5	E27
ЗД 220-230-60 (R80)	225	60	500	1000	116	81	E27
ЗД 220-230-75 (R80)	225	75	660	1000	116	81	E27
ЗД 220-230-100 (R80)	225	100	820	1000	116	81	E27

Лампы местного освещения

Таблица 3.19.13. **Технические параметры ламп местного освещения типа МО**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
МО 36-25	36	25	300	1000	108	61	E27
МО 12-40	12	40	620	1000	108	61	E27
МО 36-40	36	40	580	1000	108	61	E27
МО 36-60	36	60	950	1000	108	61	E27
МО 36-100	36	100	1590	1000	108	61	E27
Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск).							

Дуговые ртутные лампы

Таблица 3.19.14. **Технические параметры дуговых ртутных ламп типов ДРЛ, ДРЛФ**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Фитопоток, мфт	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
						L	*D*	
ДРЛ 125 (6)	125	125	5900	—	12000	178	76	E27
ДРЛ 250 (8)	130	250	13200	—	12000	228	91	E40
ДРЛ 400 (8)	135	400	23700	—	15000	292	122	E40
ДРЛ 700 (8)	140	700	40800	—	20000	357	152	E40
ДРЛ 1000 (8)	145	1000	58500	—	18000	411	167	E40
ДРЛФ 400-1	135	400	20000	18000	7000	350	152	E40

Натриевые лампы

Таблица 3.19.15. **Технические параметры натриевых ламп типа ДНаТ**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ДНаТ 70	90	70	6000	10000	165	42	E27
ДНаТ 100	100	100	9500	10000	211	48	E40
ДНаТ 150	100	150	15000	15000	211	48	E40
ДНаТ 250	100	250	28000	20000	250	48	E40
ДНаТ 400	100	400	48000	20000	278	48	E40

Металлогалогенные лампы

Таблица 3.19.16. **Технические параметры металлогалогенных ламп типов ДРИ и ДРИЗ**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи, Ra	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
							L	*D*	
ДРИ 250-5	130	250	19500	4200	65	10000	227	91	E40
ДРИ 400-5	130	400	36000	4200	65	10000	290	122	E40
ДРИ 700-5	130	700	60000	4200	65	9000	370	152	E40
ДРИ 1000-6	230	1000	103000	4200	65	3000	345	80	E40
ДРИ 2000-6	230	2000	200000	4200	65	2000	430	100	E40
ДРИЗ 400-2	130	400	24000	—	—	7500	290	179	E40

Кварцевые лампы

Таблица 3.19.17. **Технические параметры кварцевых ламп типа КГ**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
						L	*D*	
КГ 220-500-1	220	500	14000	3200	2000	132	11	R7s
КГ 220-1000-5	220	1000	22000	3200	2000	189	12	R7s
КГ 220-1500	220	1500	33000	3200	2000	254	12	R7s
КГ 220-2000-4	220	2000	44000	3200	2000	335	12	R7s

Люминесцентные лампы

Таблица 3.19.18. **Технические параметры люминесцентных ламп типа ЛБ**

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
ЛБ 20-2	58	20	1060	7500	604	32	G13
ЛБ 40-2	106	40	3000	10000	1213,6	32	G13
ЛБ 80-7	99	80	5200	12000	1514,2	40,5	G13
Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск).							

Светильники промышленные

Светильники типа РСП, ССП, ЖСП и ГСП, указанные ниже, применяют для освещения помещений с высокими пролетами, для освещения производственных помещений с повышенной запыленностью и влажностью, для освещения и облучения в сельском (фермерском) хозяйстве, для освещения крытых спортивных сооружений.

РСП26-125-001.У5
РСП30-250-004.УХЛ4
РСП30-400-006.УХЛ4
РСП46-250-001.У2
РСП46-400-001.У2
РСП44-700-001.У2
РСП44-1000-001.У2
ССП04-250-001.УХЛ3
ССП04-250-002.УХЛ3
ССП04-400-001.УХЛ3
ССП04-400-002.УХЛ3
ССП04-700-001.УХЛ3
ССП04-700-002.УХЛ3
ССП10-250-002.У5
ЖСП50-150-001.УХЛ3
ЖСП50-250-001.УХЛ3
ЖСП50-400-001.УХЛ3
ГСП30-250-003.УХЛ4
ГСП30-400-005.УХЛ4
ГСП30-400-007.УХЛ4

Таблица 3.19.19. **Технические параметры светильников типа РСП**

Параметры	РСП26-125-001	РСП30-250-004	РСП30-400-006	РСП46-250-001	РСП46-400-001
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50
Напряжение, В	220	220	220	220	220
Коэффициент мощности, не менее	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Тип лампы	ДРЛ-125	ДРЛ-250	ДРЛ-400	ДРЛ-250	ДРЛ-400
Номинальная мощность лампы, Вт	125	250	400	250	400
КПД, %, не менее	—	55	55	70	70
Тип кривой силы света	Д	Д	Д	Д	Д
Степень защиты	IP23	IP23	IP23	IP23	IP22
Климатическое исполнение	У5	УХЛ4	УХЛ4	У2	У2
Габаритные размеры	193×350	425×335×332	505×335×332	427×245×270	435×335×200
Масса, кг, не более	4	1,95*	2,05*	1,8*	1,4*

*Масса осветительной аппаратуры.

Таблица 3.19.20. **Технические параметры светильников типов РСП и ССП**

Параметры	РСП44-700-001	РСП44-1000-001	ССП04-250-001	ССП04-250-002	ССП04-400-001
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50
Напряжение, В	220	220	380	380	380
Коэффициент мощности, не менее	0,53	0,53	0,85	0,85	0,85
Тип лампы	ДРЛ-700	ДРЛ-1000	ДРИЗ-250	ДРИЗ-250	ДРИЗ-400
Номинальная мощность лампы, Вт	700	1000	250	250	400
КПД, %, не менее	70	70	90	60	90

Параметры	РСП44-700-001	РСП44-1000-001	ССП04-250-001	ССП04-250-002	ССП04-400-001
Тип кривой силы света	Д	Д	Л	Л	Г
Степень защиты	IP22	IP22	IP22	IP22	IP22
Климатическое исполнение	У2	У2	УХЛ3	УХЛ3	УХЛ3
Габаритные размеры	625×400×292	625×400×292	170 × 455	225 × 485	185 × 485
Масса, кг, не более	3,4*	3,5*	1,4*	2,0*	1,4*

Таблица 3.19.21. **Технические параметры светильников типов ССП и ЖСП**

Параметры	ССП04-400-002	ССП04-700-001	ССП04-700-002	ССП10-250-002	ЖСП50-150-001
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50
Напряжение, В	380	380	380	220	220
Коэффициент мощности, не менее	0,85	0,85	0,85	1	0,41
Тип лампы	ДРИЗ-400	ДРИЗ-700-2	ДРИЗ-700-2	ИКЗ-220-250	ДНаЗ-150
Номинальная мощность лампы, Вт	400	700	700	250	150
КПД, %, не менее	65	90	75	80	95
Тип кривой силы света	Г	Г	Г	Г	Ш
Степень защиты	IP22	IP22	IP22	IP22	IP53
Климатическое исполнение	УХЛ3	УХЛ3	УХЛ3	У5	УХЛ3
Габаритные размеры	225 × 515	270 × 550	330 × 585	193 × 207	375×190×235
Масса, кг, не более	2,0*	1,7*	2,7*	1,3	1,6*

Таблица 3.19.22. **Технические параметры светильников типов ЖСП и ГСП**

Параметры	ЖСП50-250-001	ЖСП50-400-001	ГСП30-250-003	ГСП30-400-005	ГСП30-400-007
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50
Напряжение, В	220	220	220	380	220
Коэффициент мощности, не менее	0,32	0,42	0,85	0,85	0,85
Тип лампы	ДНаЗ-250	ДНаЗ-400	ДРИ-250	ДРИ-400	ДРИ-400
Номинальная мощность лампы, Вт	250	400	250	400	400
КПД, %, не менее	95	95	60	60	60
Тип кривой силы света	Ш	Ш	Д	Д	Д
Степень защиты	IP53	IP53	IP23	IP23	IP23
Климатическое исполнение	УХЛ3	УХЛ3	УХЛ4	УХЛ4	УХЛ4
Габаритные размеры	450×190×235	450×190×235	425×335×332	505×335×332	505×335×332
Масса, кг, не более	1,8*	1,8*	1,95*	2,05*	2,05*

*Масса осветительной арматуры.

Типы ПРА, применяемые для светильников типов РСП, ССП, ЖСП и ГСП

1И250ДРЛ42-001.УХЛ1 для РСП46-250-001.У2
1И400ДРЛ42-001.УХЛ1 для РСП46-400-001.У2
1ДБИ-700ДРЛ/220-Н-026.М.УХЛ1 для РСП44-700-001.У2
1ДБИ-1000ДРЛ/220-Н-026.М.УХЛ1 для РСП44-1000-001.У2
1К250ДРИ81-021.УХЛ1 для ССП04-250-001.УХЛ3, ССП04-250-002.УХЛ3
1К400ДРИ81-018.УХЛ1 для ССП04-400-001.УХЛ3, ССП04-400-002.УХЛ3
1К700ДРИ81-019.УХЛ1 для ССП04-700-001.УХЛ3, ССП04-700-002.УХЛ3
1И150ДНаТ48-001.УХЛ1 для ЖСП50-150-001.УХЛ3
1И250ДНаТ52-006.УХЛ1 для ЖСП50-250-001.УХЛ3
1И400ДНаТ52-006.УХЛ1 для ЖСП50-400-001.УХЛ3
1К250ДРИ36-014.УХЛ1 для ГСП30-250-003.УХЛ4
1И250ДРЛ42-001.УХЛ1 для РСП30-250-004.УХЛ4
1К400ДРИ81-018.УХЛ1 для ГСП30-400-005.УХЛ4
1И400ДРЛ42-001.УХЛ1 для РСП30-400-006.УХЛ4
1К400ДРИ36-015.УХЛ1 для ГСП30-400-007.УХЛ4

Производитель: ОАО "Лисма-КЭТЗ" (Мордовия)

Светильники встраиваемые

Светильники предназначены для освещения жилых и общественных помещений, банков и офисов. Питаются от сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Таблица 3.19.23. **Технические параметры светильников типа ЛВО**

Модель (тип)	Модификация	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип цоколя лампы	Габаритные размеры	Масса, кг, не более
ЛВО 33-1x13	201	13	КЛЛ 13/G24d1	285×195×100	1,15
ЛВО 33-1x18	201	18	КЛЛ 18/G24d2	285×195×100	1,15
ЛВО 33-2x13	201	2 × 13	КЛЛ 13/G24q1	285×195×100	1,5
ЛВО 33-2x18	201	2 × 18	КЛЛ 18/G24q2	285×195×100	1,5
ЛВО 33-1x26	201	26	КЛЛ 26/G24d3	285×195×100	1,5
ЛВО 33-2x26	201	2 × 26	КЛЛ 26/G24q3	285×195×100	1,95
ЛВО 33-1x13	203	13	КЛЛ 13/G24d1	285×242×100	1,55
ЛВО 33-1x18	203	18	КЛЛ 18/G24d2	285×242×100	1,6
ЛВО 33-2x13	203	2 × 13	КЛЛ 13/G24q1	285×242×100	1,95
ЛВО 33-2x18	203	2 × 18	КЛЛ 18/G24q2	285×242×100	2,0
ЛВО 33-1x26	203	26	КЛЛ 26/G24d3	285×242×100	1,8
ЛВО 33-2x26	203	2 × 26	КЛЛ 26/G24q3	285×242×100	2,35
ЛВО 33-1x13	204	13	КЛЛ 13/G24d1	285×195×120	1,25
ЛВО 33-1x18	204	18	КЛЛ 18/G24d2	285×195×120	1,25
ЛВО 33-2x13	204	2 × 13	КЛЛ 13/G24q1	285×195×120	1,55
ЛВО 33-2x18	204	2 × 18	КЛЛ 18/G24q2	285×195×120	1,60
ЛВО 33-1x26	204	26	КЛЛ 26/G24d3	285×195×120	1,45
ЛВО 33-2x26	204	2 × 26	КЛЛ 26/G24q3	285×195×120	1,95
ЛВО 33-15-23	241	15-23	КЛЛ 15-23/E27	Ф192 × 217	0,9
ЛВО 33-1x18	242	18	КЛЛ 18/G24d2	350×230×105	1,4
ЛВО 33-2x18	242	2 × 18	КЛЛ 18/G24q2	350×230×105	1,7
ЛВО 33-1x26	242	26	КЛЛ 26/G24d3	350×230×105	1,6
ЛВО 33-2x26	242	2 × 26	КЛЛ 26/G24q3	350×230×105	2,2
ЛВО 33-70	251	70	ДРИ 70/Rx7s	Ф192 × 160	3,45
ЛВО 33-70	252	70	ДРИ 70/Rx7s	232×142×130	3,5

Светильника для ламп накаливания

Светильники ВЗГ-200 предназначены для освещения помещений с содержанием в воздухе взрывоопасных и горючих веществ. Светильники НСП-01/02 и ПСХ-60 предназначены для освещения пыльных и влажных производственных помещений. НСП-01/02 с модификациями 002/003 имеют защитную решетку.

Таблица 3.19.24. **Технические параметры светильников типов ВЗГ, ПСХ, НСП**

Модель светильника (тип)	Тип лампы	Степень защиты	Климатическое исполнение	Габаритные размеры, мм	Масса, кг, не более
ВЗГ-200	РН 220-230-200	IP54	У2	Ф190 × 500	5,8
ПСХ-60	Б 220-230-60	IP53	У3	250×135×130	1,1
НСП 01-100-001	Б 220-230-100	IP52	У2	Ф172 × 250	1,4
НСП 01-100-002	Б 220-230-100	IP52	У2	Ф172 × 250	1,44
НСП 02-100-001	Б 220-230-100	IP52	У2	Ф172 × 300	1,8
НСП 02-100-002	Б 220-230-100	IP52	У2	Ф172 × 300	2,0
НСП 02-200-001	РН 220-230-200	IP52	У2	Ф172 × 300	1,8
НСП 02-200-003	РН 220-230-200	IP52	У2	Ф172 × 300	2,0
Примечание. Номинальное напряжение 220 В, номинальная частота 50 Гц, тип цоколя Е27 для всех светильников одинаковы. Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск)					

Светильники люминесцентные потолочные

Предназначены для освещения общественных и жилых помещений, в частности офисов, школ, больниц, торговых залов, фойе и т. д.

Таблица 3.19.25. **Технические параметры люминесцентных светильников типа ЛПО**

Тип светильника	Размеры ($L \times D \times H$), мм	Количество и мощность ламп в светильнике	Степень защиты	Масса, кг
ЛПО 24-1x20-001	619 × 60 × 102	1 × 20	IP20	1,32
ЛПО 24-1x20-002 "Кососвет"	619 × 60 × 130	1 × 20	IP20	1,6
ЛПО 14-1x20-001	625 × 70 × 108	1 × 20	IP20	2,0
ЛПО 46-1x20-006	630 × 124 × 90	1 × 20	IP20	3

Тип светильника	Размеры ($L \times D \times H$), мм	Количество и мощность ламп в светильнике	Степень защиты	Масса, кг
ЛПО 22-2х20-001	619 × 102 × 100	2 × 20	IP20	1,35
ЛПО 12-2х20-001	625 × 164 × 72	2 × 20	IP20	2,1
ЛПО 46-2х18-002	630 × 200 × 75	2 × 18	IP20	2,5
ЛПО 26-1х40-001	1226 × 60 × 102	1 × 40	IP20	2,0
ЛПО 26-1х40-002 "Кососвет"	1226 × 60 × 130	1 × 40	IP20	2,6
ЛПО 16-1х40-001	1240 × 70 × 108	1 × 40	IP20	2,6
ЛПО 28-2х40-001	1226 × 102 × 100	2 × 40	IP20	3,0
ЛПО 12-2х40-004	1230 × 165 × 70	2 × 40	IP20	4,8
ЛПО 18-2х40-002	1240 × 164 × 72	2 × 40	IP20	4,5
ЛПО 46-2х36-006	1245 × 190 × 84	2 × 36	IP20	5,2
ЛПО 50-4х20	650 × 380 × 75	4 × 20	IP20	2,0

Светильники люминесцентные защищенные

Предназначены для освещения пыльных и влажных производственных помещений.

Таблица 3.19.26. **Технические параметры люминесцентных светильников типов ПВЛМ, ЛСП, ЛПП**

Тип светильника	Размеры ($L \times B \times H$), мм	Количество и мощность ламп в светильнике	Степень защиты	Масса, кг
ПВЛМ-2х40-02	1325 × 148 × 170	2 × 40	IP53	5,4
ЛСП 40-2х40-003	1316 × 240 × 158	2 × 40	IP54	6,25
ЛПП 24-2х36	1283 × 660 × 108	2 × 36	IP65	4,6
ЛСП 42-2х40-001	1291 × 600 × 105	2 × 40	IP54	5,0

Светильники люминесцентные растровые

Применяются в торговых и выставочных залах, офисах, рабочих кабинетах, фойе и т. д. ЛПО — накладной светильник, ЛВО — встраиваемый в подвесной потолок.

Таблица 3.19.27. **Технические параметры люминесцентных светильников типа ЛПО**

Тип светильника	Размеры ($L \times B \times H$), мм	Количество и мощность ламп в светильнике	Степень защиты	Масса, кг
ЛПО 71-4x18	625 × 625 × 90	4 × 18	IP20	4,5
ЛПО 71-2x36	350 × 1260 × 90	2 × 36	IP20	4,5
ЛПО 71-4x36	625 × 1260 × 90	4 × 36	IP20	8,5
ЛВО 13-4x18	605 × 605 × 92	4 × 18	IP20	4,5
ЛВО 13-4x18	595 × 595 × 92	4 × 18	IP20	4,5
ЛВО 19-4x18	595 × 595 × 90	4 × 18	IP20	4,5
ЛВО 19-4x18	605 × 605 × 90	4 × 18	IP20	4,5
ЛПО 72-4x18	635 × 635 × 90	4 × 18	IP20	4,5
ЛПО 72-2x36	1235 × 360 × 90	2 × 36	IP20	4,5
Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск).				

Светильники промышленные

Предназначены для освещения помещений с высокими пролетами, для освещения производственных помещений с повышенной запыленностью и влажностью, для освещения и облучения в сельском (фермерском) хозяйстве.

Типы промышленных светильников:

РСП 46-250-001-У2	ССП 04-400-002.УХЛ3
РСП 46-400-001.У2	ССП 04-700-002.УХЛ3
РСП 44-700-001.У2	ССП 10-250-002.У5
РСП 44-1000-001.У2	РСП 26-125-001.У5
ССП 04-250-002.УХЛ3	РСП 05-250-001.УХЛ4

Таблица 3.19.28. **Технические параметры светильников типа РСП, ССП**

Параметры	РСП 46-250	РСП 46-400	РСП 44-700	РСП 44-1000	ССП 04-250	ССП 04-400	ССП 04-700	ССП 10-250	РСП 26-125	РСП 05-250
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Напряжение, В	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Коэффициент мощности, не менее	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1	0,85	0,85
Тип лампы	ДРЛ-250	ДРЛ-400	ДРЛ-700	ДРЛ-1000	ДРИЗ-250	ДРИЗ-400	ДРИЗ-700	ИКЗ-220-250	ДРЛ-125	ДРЛ-250
Номинальная мощность, Вт	250	400	700	1000	250	400	700	250	125	250
КПД, %, не менее	70	70	70	70	60	65	75	80	—	70
Тип КСС	Д	Д	Д	Д	Л	Г	Г	Г	Д	Г
Степень защиты	IP22	IP22	IP22	IP22	IP50	IP50	IP50	IP22	IP53	IP22
Габаритные размеры, мм	427×245×270	435×335×200	625×400×292	625×400×292	22×485	225×515	330×585	193×207	193×350	378×492
Масса, кг, не более	1,8	1,4	3,4	3,5	2,0	2,0	2,7	1,3	4,0	1,6

Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск)

Светильники промышленные

Светильники типа РСП 60-250 и РСП-400 предназначены для освещения спортивных сооружений, производственный зданий и складских помещений. Светильники подвешиваются за крюк или на трос. Рекомендуемая высота подвеса 6—10 м.

Таблица 3.19.29. **Технические параметры светильников типа РСП**

Модель	Номинальная частота, Гц	Напряжение сети, В	Коэффициент мощности, не менее	Тип лампы	Номинальная мощность лампы, Вт	КПД, %, не менее	Тип КСС	Степень защиты	Клиническое исполнение	Габаритные размеры	Масса, кг, не более
РСП 60-250	50	220	0,85	ДРЛ250	250	70	К	IP54	УХЛ1	420 × 420 × 450	8,5
РСП 60-400	50	220	0,85	ДРЛ400	400	70	К	IP54	УХЛ1	500 × 500 × 550	11,5

Светильники промышленные люминесцентные типа ЛСП предназначены для освещения пыльных и влажных производственных зданий.

Таблица 3.19.30. **Технические параметры светильников типа ЛСП**

Модель	Номинальная частота, Гц	Напряжение сети, В	Тип лампы	Номинальная мощность лампы, Вт	Степень защиты	Габаритные размеры	Масса, кг, не более
ЛСП 41-2х40	50	220	ЛБ40	2 × 36/40	IP54	1267 × 105 × 160	4,6
ЛСП 43-2х40	50	220	ЛБ40	2 × 36/40	IP54	1285 × 91 × 137	3,56
ЛСП 45-2х40	50	220	ЛБ40	2 × 36/40	IP65	1243 × 108 × 52	3,1
Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск).							

Светильники антивандальные типа ЖПУ 03

Применяются для освещения тоннелей, лифтов, холлов и др. Источник света — натриевая лампа. Надежны в эксплуатации, имею повышенную прочность к механическим воздействиям.

Таблица 3.19.31. **Технические характеристики светильников типа ЖПУ 03**

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	Натриевая лампа с эллипсоидной матированной колбой (ДНаТ)
Мощность ламп, Вт	70
КПД, %, не менее	50
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP20
Климатическое исполнение и категория размещения	У2
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	550 × 182 × 134
Масса, кг, не более	5,5
Срок службы, лет, не менее	10
Производитель: ЗАО НПСП "Светосервис" (г. Москва)	

Светильники антивандальные типа ФПО 04

Применяются для освещения лифтовых холлов, коридоров, лестничных площадок и других вспомогательных помещений с временным пребыванием людей. Светильники выпускают с компенсированной и некомпенсированной схемами включения; светильники надежны в эксплуатации, энергоэкономичны, защищены от ударов.

Таблица 3.19.32. **Технические характеристики светильников типа ФПО 04**

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	КЛЛ 11
Мощность ламп, Вт	2 × 11

Коэффициент мощности, не менее, для модификаций светильника:	
с компенсированной схемой включения	0,92
с некомпенсированной схемой включения	0,40
КПД, %, не менее	55
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP54
Климатическое исполнение и категория размещения	У1
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	376 × 156 × 107
Масса, кг, не более	2,8
Срок службы, год, не менее	10
Производитель: ЗАО НПСП "Светосервис" (г. Москва)	

Светильники антивандальные типа ЛПО 56

Применяются для освещения лестничных площадок, коридоров и других вспомогательных помещений с временным пребыванием людей. Светильники надежны в эксплуатации, энергоэкономичны, защищены от ударов.

Таблица 3.19.33. **Технические характеристики светильников типа ЛПО 56**

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	КЛЛ 11
Мощность ламп, Вт	11
Коэффициент мощности, не менее, для исполнений светильника:	
008 (компенсированная схема включения)	0,92
004, 005М (некомпенсированная схема включения)	0,40

КПД, %, не менее	45
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Степень защиты от воздействия окружающей среды для исполнений светильника:	
004, 008	IP20
005М	IP54
Климатическое исполнение и категория размещения для исполнений светильника:	
004, 008	УХЛ4
005М	УХЛ1
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота) для исполнений светильника:	
004, 008	376 × 87 × 65
005М	385 × 95 × 73
Масса, кг, не более для исполнений светильника:	
004, 008 и 005М	2,0 и 2,4
Срок службы, лет, не менее	10
Производитель: ЗАО НПСП "Светосервис" (г. Москва)	

Пуско-регулирующая аппаратура (ПРА) независимого исполнения

Таблица 3.19.34. **Основные технические параметры ПРА независимого исполнения (см. табл. 3.19.37)**

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	Коэффициент мощности, не менее	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И250Н36-302.УХЛ1	220	151	$2{,}15^{+0{,}05}_{-0{,}15}$	3,6	20	0,53	105	60	150	175×125×185	5,7
1И400Н36-304.УХЛ1	220	151	$3{,}3^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	5,6	26	0,53	105	60	150	175×140×170	7,2
1И700Н36-306.УХЛ1	220	151	$6{,}0^{+0{,}1}_{-0{,}3}$	10,2	37,5	0,53	120	70	185	175×140×220	10,2
1И1000Н51-003.УХЛ1	380	260	$4{,}7^{+0{,}1}_{-0{,}3}$	8,0	50	0,53	120	75	185	175×140×260	11,5
1И2000Н51-005.УХЛ1	380	260	$9{,}2^{+0{,}1}_{-0{,}4}$	15,5	88	0,53	120	75	185	255×162×270	21,5
1И400Н81-001.УХЛ1	380	336	3,3—0,25	4,5	44	0,32	120	75	170	175×140×195	9,6
1И700Н81-002.УХЛ1	380	336	6,0—0,4	7,8	65	0,32	120	75	170	205×160×210	16,0
1И250ДНаТ52-006.УХЛ1	220	185	$3{,}0^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	4,5	30	0,32	120	75	185	175×140×170	6,5
1И400ДНаТ52-006.УХЛ1	220	176	4,6 ± 0,2	7,8	35	0,42	120	75	185	175×140×195	7,4
1И600ДНаТ52-008.УХЛ1	220	174	6,2—0,2	9,0	38	0,45	120	75	185	175×140×220	10,4
1И70ДНаТ48-001.УХЛ1	220	183	1,0—0,05	1,6	11	0,35	105	75	165	130×115×195	3,5
1И100ДНаТ48-001.УХЛ1	200	175	1,2 ± 0,05	2,0	13	0,41	105	75	165	130×115×195	3,5
1И150ДНаТ48-001.УХЛ1	220	175	1,8 ± 0,05	2,9	20	0,41	120	75	185	175×125×185	5,2

Окончание таблицы 3.19.34

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	Коэффициент мощности, не менее	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И125ДРИ48-001.УХЛ1	220	170	$1,3 \pm 0,05$	2,5	16,5	0,47	105	60	150	130×115×195	3,5
1ДБИ-700ДРЛ/220Н-026М.УХЛ1	220	146	$5,45 \pm 0,3$	12,0	35	0,53	105	60	160	172×140×195	8,4
1ДБИ-1000ДРЛ/220Н-026М.УХЛ1	220	143	$7,5 \pm 0,4$	16,5	45	0,53	105	60	160	172×140×210	10,1
1И125ДРЛ42-001.УХЛ1	220	154	$1,15 \pm 0,06$	2,4	15	0,53	105	60	165	140×130×140	3,0
1И250ДРЛ42-001.УХЛ1	220	152	$2,15 \pm 0,1$	4,5	22	0,53	105	60	165	175×120×155	5,5
1И400ДРЛ42-001.УХЛ1	220	146	$3,25^{+0,1}_{-0,2}$	7,15	25	0,53	105	60	165	175×140×155	6,5
1И250Н81-006.УХЛ1	380	333	$2,15^{+0,05}_{-0,15}$	3,0	33	0,32	105	75	160	205×125×250	9,6
1И80ДРЛ48-001.УХЛ1	220	165	$0,8 \pm 0,4$	1,68	11	0,45	105	60	165	140×130×140	3,0
1И250Н81-006.УХЛ2	380	333	$2,15^{+0,05}_{-0,3}$	3,0	37	0,32	105	75	160	175×140×180	6,8
1И1000ДРИ82-001.ОМ4	380	260	$6,0^{+0,1}_{-0,3}$	8,0	50	0,5	120	75	180	235×140×250	13,0
1И2000ДРИ82-001.ОМ4	380	260	$9,2^{+0,1}_{-0,4}$	15,5	88	0,5	120	75	180	235×155×290	23,0
1И3000ДРИ82-001.ОМ4	380	260	$13,8^{+0,2}_{-0,5}$	25,0	140	0,5	120	75	180	235×255×260	33,0

Производитель: ОАО "Лисма — КЭТЗ" (Мордовия).

Пуско-регулирующая аппаратура (ПРА) встраиваемого исполнения

Таблица 3.19.35. **Основные технические параметры ПРА встраиваемого исполнения (см. табл. 3.19.36)**

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	Коэффициент мощности, не менее	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И700Н36-305.УХЛ2	220	151	$6{,}0^{+0{,}1}_{-0{,}3}$	10,2	37,5	0,53	120	70	170	180×132×100	8,0
1И700Н51-007.УХЛ2	380	336	6,0—0,5	7,8	65	0,32	120	70	170	205×132×125	10,0
1И2000Н51-004.УХЛ2	380	260	$9{,}2^{+0{,}1}_{-0{,}4}$	15,5	88	0,53	120	70	185	230×175×155	16,5
1И70ДНаТ52Н-001.УХЛ2	220	183	1,0—0,05	1,6	11	0,35	105	75	165	135×90×90	2,3
1И100ДНаТ52Н-002.УХЛ2	220	175	1,2 ± 0,05	2,0	13	0,41	105	75	165	135×90×90	2,3
1И150ДНаТ52Н-003.УХЛ2	220	175	1,8 ± 0,05	2,9	20	0,41	120	75	185	145×140×100	3,3
1И250ДНаТ52Н-005.УХЛ2	220	185	$3{,}0^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	4,5	30	0,32	120	75	185	136×132×117	4,2
1И400ДНаТ52Н-007.УХЛ2	220	176	4,6 ± 0,2	7,8	35	0,42	120	75	185	152×130×115	5,2
1И125ДРИ48Н-001.УХЛ2	220	170	1,3 ± 0,05	2,5	16,5	0,47	105	70	160	135×90×90	2,3
1И125ДРЛ42Н-001.УХЛ2	220	154	1,15 ± 0,06	2,4	15	0,53	105	60	165	120×85×90	1,9
1И250ДРЛ42Н-001.УХЛ2	220	152	2,15 ± 0,1	4,5	22	0,53	105	60	165	145×135×100	4,0
1И400ДРЛ01Н-001.УХЛ2	220	146	$3{,}25^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	7,15	25	0,53	105	60	165	136×132×117	4,6
1И200ДРИШ42Н-002.УХЛ2	200	187	3,2 ± 0,1	5,0	30	0,32	105	70	160	134×135×115	4,6

Продолжение таблицы 3.19.35

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	Коэффициент мощности, не менее	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И575ДРИШ42Н-003.УХЛ2	220	187	7,2 ± 0,3	12,0	75	0,34	105	70	160	196×135×115	8,5
1И80ДРЛ48Н-002.УХЛ2	220	165	0,8 ± 0,4	1,68	11	0,45	105	60	165	120×85×90	1,9
1И250ДРИ01Н-001.УХЛ2	220	151	$2{,}15^{+0{,}05}_{-0{,}15}$	3,6	20	0,53	120	75	185	129×141×104	3,7
1И400ДРИ01Н-001.УХЛ2	220	151	$3{,}3^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	5,6	26	0,53	120	60	170	131×135×117	4,6
1И7/9/11С21-001.УХЛ4	220	200	0,18/± 0,01 0,17/±0,01 0,155 ± 0,01	0,37/ 0,35/ 0,32	6,5/ 6,48/ 6,49	0,25/ 0,33/ 0,40	105	75	160	123×39,5×36,5	0,365
1И18/20А14-001.УХЛ4	220	193	0,37 ± 0,01	0,80	11	0,35	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И22А18-001.УХЛ4	220	189	0,4 ± 0,01	0,84	11	0,30	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И24А13-001.УХЛ4	220	184	0,34 ± 0,01	0,71	11	0,35	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И30А14-001.УХЛ4	220	173	0,36 ± 0,01	0,76	10	0,4	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И32А18-001.УХЛ4	220	194	0,425 ± 0,01	0,89	11,2	0,4	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И36/40А18-001.УХЛ4	220	168	0,43 ± 0,01	0,90	10	0,5	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И8С21-002.УХЛ4.2	220	190	0,17 ± 0,01	0,36	6,7	0,45	105	75	160	123×39,5×36,5	0,365

Окончание таблицы 3.19.35

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	Коэффициент мощности, не менее	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И15А18-003.УХЛ4	220	205	0,31 ± 0,01	0,65	9,5	0,4	105	75	160	150×39,5×36,5	0,8
1И250ДНаТ46Н-001.УХЛ2	220	185	$3{,}0^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	4,5	30	0,32	120	75	185	135×100×85	3,5
1И150ДНаТ46Н-003.УХЛ2	220	175	1,8 ± 0,05	2,9	20	0,41	120	75	185	125×100×85	2,6
1И250ДРЛ44Н-001.УХЛ2	220	152	2,15 ± 0,1	4,5	20	0,53	120	75	180	125×100×85	3,1
1И400ДРЛ44Н-002.УХЛ2	220	146	$3{,}25^{+0{,}1}_{-0{,}2}$	7,15	22	0,53	120	75	180	165×100×85	4,2
1И600ДНаТ52Н-018.УХЛ2	220	174	6,2—0,2	9,0	38	0,45	120	75	185	175×130×115	7,0
1И600ДНаТ52Н-019.УХЛ2	220	160	5,8 ± 0,1	9,0	38	0,45	120	75	185	175×130×115	7,0
1И2000Н51-008.УХЛ4.2	380	270	$10^{+0{,}1}_{-0{,}4}$	16	88	0,5	120	70	185	230×165×195	17,5
Производитель: ОАО "Лисма КЭТЗ" (Мордовия)											

Пуско-регулирующая аппаратура (ПРА) встраиваемого исполнения

Предназначена для обеспечения режима зажигания и стабилизации разряда ламп ДНаТ, ДРЛ, ЛЛ и КЛЛ в сети переменного тока с напряжением 220 В частотой 50 Гц.

Таблица 3.19.36. **Технические параметры встраиваемых ПРА**

Наименование изделий	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	cosφ	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И 70ДНаТ52Н-001.УХЛ2	183	1,0	1,6	11	0,35	105	75	165	135 × 90 × 90	2,3
1И 100ДНаТ52Н-002.УХЛ2	175	1,2	2,0	13	0,41	105	75	165	135 × 90 × 90	2,3
1И 150ДНаТ52Н-003.УХЛ2	175	1,8	2,9	20	0,41	105	75	165	145 × 140 × 100	3,3
1И 250ДНаТ46Н-001.УХЛ2	185	3,1	4,5	30	0,32	120	75	170	136 × 132 × 117	4,2
1И 400ДНаТ52-007.УХЛ2	176	4,6	7,8	35	0,42	120	75	180	152 × 130 × 115	5,2
1И 125ДРЛ42Н-001.УХЛ2	154	1,15	2,4	15	0,53	105	60	165	120 × 85 × 90	1,9
1И 250ДРЛ42Н-001.УХЛ2	152	2,15	4,5	22	0,53	105	60	165	145 × 135 × 100	3,3
1И 400ДРЛ01Н-001.УХЛ2	146	3,25	7,15	25	0,53	105	60	165	132 × 136 × 117	4,6
1И7/9/11С21-001.УХЛ4		0,18	0,37	6,5	0,25	105	75	140	123 × 39,5 × 36,5	0,365
	200	0,17	0,35	6,48	0,33					
		0,155	0,32	6,49	0,40					
1И 18/20А14-001.УХЛ4	193	0,37	0,80	11	0,35	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8
1И 22А18-001.УХЛ4	189	0,4	0,84	11	0,30	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8
1И 24А13-001.УХЛ4	184	0,34	0,71	11	0,35	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8
1И 30А14-001.УХЛ4	173	0,36	0,76	10	0,4	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8
1И 32А18-001.УХЛ4	194	0,425	0,89	11,2	0,4	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8
1И 36/40А18-001.УХЛ4	168	0,43	0,90	10	0,5	105	55	160	150 × 39,5 × 36,5	0,8

ПРА независимого исполнения

Предназначена для обеспечения режима зажигания и стабилизации разряда ламп ДНаТ, ДРЛ и ДРИ в сети переменного тока с напряжением 220 и 380 В частотой 50 Гц. Дроссель помещен в металлический кожух и залит компаундом, имеет прорезиненный ввод-вывод, что обеспечивает степень защиты IP54.

Таблица 3.19.37. **Технические параметры независимых ПРА**

Наименование изделий	Напряжение сети, В	Напряжение на дросселе, В	Рабочий ток, А	Пусковой ток, А, не более	Потери мощности, Вт, не более	cosφ	Температурная маркировка, °С	Перегрев обмотки в рабочем режиме, °С	Перегрев обмотки в аварийном режиме, °С	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм	Масса, кг, не более
1И 250Н36-302.УХЛ1	220	151	2,15	3,6	20	0,53	105	60	150	175 × 125 × 190	5,7
1И 400Н36-304.УХЛ1	220	151	3,3	5,6	26	0,53	105	60	150	180 × 140 × 190	7,2
1И 700Н36-306.УХЛ1	220	151	6,0	10,2	37,5	0,53	105	60	150	180 × 140 × 230	10,2
1И 1000Н51-003.УХЛ1	380	260	4,7	8,0	50	0,53	120	75	185	180 × 140 × 270	11,5
1И 2000Н51-005.УХЛ1	380	260	9,2	15,5	88	0,53	120	75	170	255 × 162 × 310	21,5
1И 400Н81-001.УХЛ1	380	336	3,3	4,5	44	0,32	120	75	170	180 × 140 × 240	9,6
1И 700Н81-002.УХЛ1	380	336	6,0	7,8	65	0,32	120	75	170	210 × 160 × 270	16,5
1И 400ДНаТ52-006.УХЛ1	220	176	4,6	7,8	35	0,42	120	75	180	172 × 140 × 210	7,4
1И 70ДНаТ48-001.УХЛ1	220	183	1,0	1,6	11	0,35	105	75	165	130 × 115 × 195	3,5
1И 100ДНаТ48-001.УХЛ1	220	175	1,2	2,0	13	0,41	105	75	165	130 × 115 × 195	3,5
1И 150ДНаТ48-001.УХЛ1	220	175	1,8	2,9	20	0,41	105	75	165	175 × 125 × 185	5,2
1ДБИ 700ДРЛ/220Н-026М.УХЛ1	220	146	5,45	12	35	0,53	105	60	160	172 × 140 × 195	8,4
1ДБИ 1000ДРЛ/220Н-026М.УХЛ1	220	143	7,5	16,5	45	0,53	105	60	160	172 × 140 × 210	10,1
1И 125ДРЛ42-001.УХЛ1	220	154	1,15	2,4	15	0,53	105	60	165	140 × 130 × 140	3,0
1И 250ДРЛ-001.УХЛ1	220	152	2,15	4,5	22	0,53	105	60	165	175 × 120 × 155	5,5
1И 400ДРЛ42-001.УХЛ1	220	146	3,25	7,15	25	0,53	105	60	165	175 × 140 × 155	6,5
1И 250Н81-006.УХЛ1	380	333	2,1	3,0	33	0,32	105	75	160	205 × 125 × 250	9,6
Производитель: ЗАО "Энерго" (г. Красногорск)											

Импульсные зажигающие устройства

а) ИЗУ-У-3500/380-В-001.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления (ДРИ) мощностью от 250 до 2000 Вт, а также ламп ДРИ 3500-6.

б) ИЗУ-О-700/220-В-010.УХЛ2 — для зажигания натриевых ламп высокого давления (ДНаТ) мощностью от 100 до 600 Вт, а также металлогалогенных разрядных ламп высокого давления типа ДРИ мощностью от 250 до 700 Вт.

в) ИЗУ-О-2000/380-В-010.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления (ДРИ) мощностью от 250 до 2000 Вт.

г) ИЗУ-О-3500/380-В-010.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления ДРИ3500-6 и типа ДРТИ мощностью 3000 Вт.

ИЗУ-О-700/220-В-010.УХЛ2, ИЗУ-О-2000/380-В-010.УХЛ2, ИЗУ-О-3500/380-В-010.УХЛ2 снабжены отключающими устройствами. В случае незажигания лампы или ее отсутствия при нормальной и повышенной температурах окружающей среды устройство отключается. Для возобновления работы ИЗУ необходимо отключить и через несколько минут вновь включить питающую сеть. Эти ИЗУ также обеспечивают "симметричный поджиг" ламп, т. е. импульсы имеются и в положительном и в отрицательном полупериодах.

д) ИЗУ-1000/220-В-011.УХЛ2 — для зажигания разрядных ламп высокого давления типа "REFLUX" Н (ДНаЗ) мощностью 350 Вт, а также для зажигания ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ мощностью от 50 до 1000 Вт при отрицательных температурах до минус 60 °С.

Таблица 3.19.38. **Технические параметры ИЗУ**

Параметры	ИЗУ-У-3500/380	ИЗУ-О-700/220	ИЗУ-О-2000/380	ИЗУ-О-3500/380	ИЗУ-1000/220
Напряжение питающей сети частотой 50, 60 Гц, В	380 ± 38	220 ± 22	380 ± 38	380 ± 38	220 ± 22
Напряжение срабатывания, В	290—330	170—195	290—330	290—330	170—195

Параметры	ИЗУ-У-3500/380	ИЗУ-О-700/220	ИЗУ-О-2000/380	ИЗУ-О-3500/380	ИЗУ-1000/220
Амплитуда импульсов, кВ	3,0—5,0	3,5—5,0	3,5—5,0	4,5—6,0	0,8—1,0
Длительность импульса, мкс, не менее/на уровне, кВ	3,0/2,7	1,0/3,0	1,0/3,0	2,0/3,0	500/0,5
Количество импульсов за период сетевого напряжения не менее	1—2	2—6	2—6	2—6	1—2
Время отключения при 20 °С, мин	—	1—2	1—2	1—2	—
Максимальная длина проводов (кабеля), соединяющих балластный дроссель с лампой, м	40	10	10	10	50
Максимальная емкость между жилами провода (кабеля), пФ	4000	1000 53	1000 53	1000 53	5000 53
Габаритные размеры, мм	91×57×36	(65 с винтом) × 54 × × 31	(65 с винтом) × 54 × × 31	(65 с винтом) × 54 × × 31	(65 с винтом) × 54 × × 31
Масса, кг, не более	0,14	0,08	0,08	0,08	0,08
Производитель: ОАО "Лисма — КЭТЗ" (Мордовия).					

Система подачи питания для ламп уличного освещения "Интеграл"

Система "ИНТЕГРАЛ" относится к энергосберегающим технологиям и предназначена для регулируемого высокочастотного питания натриевых ламп уличного освещения. Питание натриевых ламп осуществляется при помощи пуско-регулирующих аппаратов (ПРА "Интеграл") током высокой частоты (50—100 кГц) различной мощности: 70, 100, 150, 250, 400 Вт. Дистанционное управление группой ПРА осуществляется контроллером ПКПС.

Преимущества:

1) Экономия электроэнергии от 20 до 60 %.

2) Потребляемая мощность и световой поток стабилизируются и не зависят от колебаний сетевого напряжения. При высокочастотном питании световая отдача ламп увеличивается на 20 % по сравнению с питанием током 50 Гц.

3) Возможность дистанционного управления.

4) Низкие пусковые токи (они ниже номинальных токов ламп).

5) Увеличение срока службы ламп: после 10 000 часов лампа с высокочастотным питанием сохраняет 90 % светового потока.

6) Безопасность и легкость обслуживания.

7) Экологичность.

Таблица 3.19.39. **Сравнительные характеристики электромагнитных ПРА и ПРА системы "ИНТЕГРАЛ"**

Название параметра	Существующие электромагнитные ПРА	ПРА системы "Интеграл"
Коэффициент полезного действия	до 0,65	не менее 0,95
$\cos\varphi$	до 0,85	1
Пусковые токи, А	1,8—6	0,3
Возможность дистанционного управления освещением	нет	есть
Масса в относительных единицах	1	0,25
Габариты в относительных единицах•	1	0,3
Стабилизация светимости фонарей при изменении напряжения	нет	есть
Стабилизация потребления мощности при изменении напряжения	нет	есть
Относительное значение светимости фонарей при одинаковой потребленной электроэнергии	1	1,2
Гул	присутствует	отсутствует
Стробоскопический эффект	присутствует	отсутствует
Производитель: НПФ "Интегдиф" (г. Киев).		

3.20. Современное электрооборудование

3.20.1. Кабели с пониженным дымо- и газовыделением

1) ВВГнг-LS, АВВГнг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ

2) ВВГнг-П LS, АВВГнг-П LS

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:

— жила: алюминиевая или медная (П — изолированные жилы уложены параллельно в одной плоскости).

— изоляция: ПВХ пониженной пожароопасности.

— защитные покровы: оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности.

3) ВБбШв нг-LS, АВБбШв нг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:

— жила: алюминиевая или медная

— изоляция: сплошная ПВХ пониженной пожароопасности

— защитные покровы: типа Шв.

4) КВВГЭнг-LS, КВВГнг-LS на напряжение 0,66 кВ

Кабели контрольные, не распространяющие горение с низким газо- и дымовыделением.

Конструкция:

— жила: медная

— изоляция: сплошная, ПВХ, пониженной пожароопасности

— защитные покровы: оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности

— Э — общий экран поверх скрученных жил: алюминиевая или медная фольга.

Производитель: ОАО "Севкабель"

3.20.2. Кабели силовые, не распространяющие горение, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов, марок: (К) ППГ (Э) нг-HF, (К) ПБбПнг-HF, ПвПГнг-HF.

Кабели силовые, не распространяющие горение, безгалогенные, предназначены для передачи и распределения электроэнергии

в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 0,66 и 1 кВ частотой до 100 Гц, в том числе для эксплуатации в системах АС класса 3Н по классификации ПНАЭГ-1-011-97.

Кабели рекомендуют для прокладки в производственных и офисных помещениях, в которых установлены компьютеры, а также в сооружениях метрополитена, жилых и общественных зданиях (в кинотеатрах, медицинских и учебных учреждениях, магазинах и т. п.).

Характеристика пожарной безопасности: дымовыделение при горении и тлении кабеля, а также коррозионная активность продуктов горения кабеля соответствуют требованиям МЭК.

Конструкция кабеля:

Жила: медная (алюминиевая), одно- или многопроволочная.

Изоляция: полимерная композиция, не содержащая галогенов, для кабеля марки ПвПГнг-HF — сшитый полиэтилен.

Внутренняя оболочка: полимерная композиция, не содержащая галогенов.

Броня для кабеля марки ПБбПнг-HF: стальные оцинкованные ленты.

Наружная оболочка: полимерная композиция, не содержащая галогенов.

Срок службы кабелей — не менее 30 лет при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, прокладки (монтажа) и эксплуатации, указанных в технических условиях.

Производитель: ОАО "Севкабель"

3.20.3. Силовые кабели с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ

Четырехжильные силовые кабели с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 1 кВ номинальной частотой 50 Гц.

Вид климатического исполнения кабелей с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена; УХЛ, категории размещения 1 и 5, т. е. кабели предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, а также в помещениях с повышенной влажностью, в том числе в подвалах и в почве.

Марки кабелей, наименование элементов их конструкции и преимущественная область применения указаны в табл. 3.20.1.

Таблица 3.20.1. **Техническая характеристика силовых кабелей**

Марка кабеля		Наименование элементов кабеля	Преимущественная область применения
С медными жилами	С алюминиевыми жилами		
ПвВГ	АПвВГ	Изоляция из силанольносшитого полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
ПвВГнг	АПвВГнг	То же, оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести	То же, для групповой прокладки
ПвБбШв	АПвБбШв	Изоляция из силанольносшитого полиэтилена, защитный покров типа БбШв	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
ПвБбШнг	АПвБбШнг	Изоляция из силанольносшитого полиэтилена, защитный покров типа БбШнг	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях
ПвБбШп	АПвБбШп	То же, с защитным покровом типа БбШп	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Могут быть проложены в грунтах с повышенной влажностью и в воде.

3.20.4. Силовые кабели с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката на напряжение 1 кВ

Четырехжильные силовые кабели с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката (ПВХ) предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 1 кВ частотой 50 Гц.

Вид климатического исполнения кабелей с изоляцией из ПВХ: УХЛ, категории размещения 1 и 5.

Марки кабелей, наименование элементов их конструкции и преимущественная область применения указаны в табл. 3.20.2.

Таблица 3.20.2. **Техническая характеристика силовых кабелей**

Марка кабеля		Наименование элементов кабеля	Преимущественная область применения
С медными жилами	С алюминиевыми жилами		
ВВГ	АВВГ	Изоляция и оболочка из ПВХ	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик.
ВВГнг	АВВГнг	Изоляция из ПВХ, оболочка из ПВХ пониженной горючести	То же, для групповой прокладки
ВБбШв	АВБбШв	Изоляция из ПВХ, защитный покров типа БбШв	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
ВБбШнг	АВБбШнг	Изоляция из ПВХ, защитный покров типа БбШнг	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях и в сооружениях метрополитена в т. ч. в пожароопасных зонах

Сравнение длительно допустимых токовых нагрузок при прокладке кабелей с ПВХ изоляцией и с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена приведено в табл. 3.20.3.

Таблица 3.20.3. **Техническая характеристика изоляции кабелей по длительно допустимому току**

Номинальное сечение жил, мм^2	Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	с алюминиевыми жилами				с медными жилами			
	с ПВХ изоляцией		с ПЭ изоляцией		с ПВХ изоляцией		с ПЭ изоляцией	
	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе
16	71	62	87	78	93	81	113	101
25	93	81	113	102	121	107	147	133
35	112	101	137	126	147	131	178	164
50	136	126	166	158	178	164	217	205
70	165	155	201	194	220	210	268	262
95	197	189	240	237	260	254	316	318
120	224	219	272	274	298	299	363	372
150	254	254	310	317	337	344	410	429
185	286	291	384	363	378	392	459	488
240	330	343	401	428	435	464	529	579

Сравнение допустимых токов односекундного короткого замыкания кабелей с ПВХ изоляцией и с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена приведено в табл. 3.20.4.

Таблица 3.20.4. **Техническая характеристика изоляции кабелей по току КЗ**

Номинальное сечение жил, мм^2	Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей, кА			
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами	
	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией
16	1,22	1,40	1,84	2,16
25	1,90	2,24	2,88	3,46
35	2,66	3,09	4,03	4,80
50	3,80	4,18	5,75	6,50

Номинальное сечение жил, мм^2	Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей, кА			
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами	
	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией
70	5,32	6,12	8,05	9,38
95	7,22	8,48	10,93	13,00
120	9,12	10,71	13,80	16,43
150	11,40	13,16	17,25	20,26
185	14,07	16,53	21,27	25,35
240	18,25	21,70	27,60	33,32

При прокладке в земле токовые нагрузки рассчитаны для глубины прокладки 0,7 м при удельном термическом сопротивлении почвы 1,2 °С м/Вт.

Допустимые токовые нагрузки и допустимый ток односекундного короткого замыкания приведены для температуры окружающей среды 15 °С при прокладке в земле и 25 °С при прокладке на воздухе.

Сравнительные характеристики силовых кабелей с ПВХ изоляцией и изоляцией из силанольносшитого полиэтилена приведены в табл. 3.20.5.

Таблица 3.20.5. **Технические характеристики изоляции кабелей**

Наименование параметра	Нормативное значение параметра	
	Кабель с изоляцией из ПВХ	Кабель с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена
Электрическое сопротивление изоляции на 1 км длины при t = 20 °С, не менее, МОм/км	7	150
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С, не более	70	90
Длительно допустимая температура нагрева жилы в аварийном режиме, °С, не более	80	130

Наименование параметра	Нормативное значение параметра	
	Кабель с изоляцией из ПВХ	Кабель с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена
Максимально допустимая температура жил при коротком замыкании, °С, не более	160	250
Срок службы, лет, не менее	30	30
Максимальная разность уровней при прокладке, м, не более	Без ограничения разности уровней	Без ограничения разности уровней
Минимальный радиус изгиба при прокладке, не менее ($D_н$ — наружный диаметр кабеля)	$7{,}5D_н$	$7{,}5D_н$

3.20.5. Самонесущие изолированные провода (СИП)

Таблица 3.20.6. **Техническая характеристика СИП**

Торговая марка	Сечение токопроводящих жил/пар, мм^2	Число токопроводящих жил/пар	Рабочее напряжение, В	Климатическое исполнение	Примечания
АИ	16,0; 25,0; 35,0; 50,0	1; 2; 4; 5; 6	660	УХЛ	Провода для передачи и распределения электрической энергии в воздушных силовых и осветительных сетях и ответвлений к вводам в жилые дома и хозяйственные постройки.
АИС	25,0; 35,0; 50,0; 70,0	3 + грузонесущая нейтраль 54,6 мм			
АИСК	35,0; 50,0	1; 2; 3 + грузонесущая нейтраль 54,6 мм			
АИСН	35,0; 50,0; 70,0	3 + грузонесущая нейтраль 54,6 мм			
Производитель: "НП "Подольсккабель".					

3.20.6. Силовые кабели

Таблица 3.20.7. **Технические параметры силовых кабелей типов ВВГ, ВБ и ВК**

Марка кабеля	Сечение токопроводящих жил/пар, мм²	Число токопроводящих жил/пар	Рабочее напряжение, В	Климатическое исполнение	Примечания
ВВГ	1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0; 50,0	1; 2; 3; 4	660/1000	УХЛ, Т	—
	1,5; 2,0; 5,0; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0	5	660/1000		
ВВГз	1,5; 2,5; 4,0; 6,0	2; 3; 4	660/1000		
ВВГ-П	1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0	2; 3; 4	660		
ВВГнг-LS	1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0; 50,0	1; 2; 3; 4	660/1000	В	Допустимая температура нагрева жил +70 °С. При эксплуатации — +160 °С при коротком замыкании.
	1,5; 2,0; 5,0; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0	5	660/1000		Кабель с пониженным дымогазовыделением
ВБбШв	10,0; 16,0; 25,0; 35,0	2; 3; 4	660/1000	УХЛ, Т	—
ВБбШвнг-LS	10,0; 16,0; 25,0; 35,0	2; 3; 4	660/1000	УХЛ, Т	Кабель с пониженным дымогазовыделением
ВКбШв	1,5; 2,5; 4,0; 6,0	2; 3; 4	660	УХЛ	Броня из стальных оцинкованных проволок
Производитель: "НП "Подольсккабель".					

3.20.7. Провода и шнуры осветительные

Таблица 3.20.8. **Технические характеристики осветительных проводов и шнуров**

Группа, марка изделия	Сечение токопроводящих жил/пар, мм^2	Число токопроводящих жил/пар	Рабочее напряжение, В	Климатическое исполнение	Примечания
ШВВП	0,5; 0,75	2; 3	До 450/750	У, Т, УХЛ	
ШВП	0,5; 0,75	2	До 450/750	У, Т, УХЛ	
ШВП-2	0,35; 0,5; 0,75	2	До 450/750		
ШВЛ	0,5; 0,75	2; 3	До 450/750	У, Т, УХЛ	
ПВС	0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0	2; 3; 4; 5	До 450/750	У, Т, УХЛ	
ШВО	0,5; 0,75; 1,0; 1,5	2	380	УХЛ	Шнур гибкий с полиэтиленовой сшитой изоляцией, в ПВХ оболочке, в оплетке из нитей для присоединения нагревательных приборов
	0,75; 1,0; 1,5	2; 3			
ПУНП	1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0	2; 3; 4	250	У	Оболочка черного цвета. По заказу оболочка может быть изготовлена любого цвета
ПУГНП	0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0	2	250	У	
Производитель: "НП "Подольсккабель".					

3.20.8. Кабели силовые для стационарной прокладки (сечение, количество жил)

ВВГ-0,66	1 × 1,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 50 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 50 мм^2
ВВГ-ХЛ-0,66	1 × 1,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 50 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 25 мм^2
ВВГ-1	1 × 1,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 150 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × 240 + 1 × 120 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 240 мм^2
ВВГнг-LS-0,66	1 × 1,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 50 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 50 + 1 × 16 мм^2
ВВГнг-LS-1	1 × 1,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 150 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 240 + 1 × 120 мм^2
ВВГнг-LS-0,66/1	5 × 1,5 – 5 × 240 мм^2
ВВГз-0,66	2 × 1,5 – 2 × 50 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 50 мм^2
ВВГ-ХЛ-1	1 × 1,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 150 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 25 мм^2
ВВГнг-0,66	1 × 1,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2

	5 × 1,5 – 5 × 50 мм^2
ВВГнг-1	1 × 1,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 1,5 – 2 × 95 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 240 мм^2
ВВГз-1	2 × 1,5 – 2 × 150 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1 – 3 × × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
ВВГзнг-0,66	2 × 15 – 2 × 50 мм^2
	2 × 1,5 + 1 × 1,0 – 2 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 1,5 + 1 × 1,0 – 4 × × 50 + 1 × 16 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 50 мм^2
ВВГзнг-1	2 × 1,5 – 2 × 95 мм^2
	3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 1,5 – 5 × 240 мм^2
ВВГ-П-0,66	2 × 1,5 – 2 × 16 мм^2
ВВГ-П-1	3 × 1,5 – 3 × 16 мм^2
ВВГнг-П-0,66	2 × 1,5 – 2 × 16 мм^2
ВВГнг-П-1	3 × 1,5 – 3 × 16 мм^2
АВВГ-0,66	1 × 2,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 50 мм^2
АВВГ-ХЛ-0,66	1 × 2,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 50 мм^2
АВВГнг-1	1 × 2,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 120 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
АВВГнг-LS-0,66	1 × 2,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	4 × 2,5 + 1 × 2,5 – 4 × × 50 + 1 × 25 мм^2
АВВГнг-LS-1	1 × 2,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 120 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 120 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
АВВГнг-LS-0,66/1	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
АВВГ-1	1 × 2,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 120 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 120 мм^2
	3 × 70 + 1 × 25 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
АВВГ-ХЛ-1	1 × 2,5 – 1 × 240 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 120 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 120 мм^2
	3 × 70 + 1 × 25 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2

	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 35 мм^2
АВВГнг-0,66	1 × 2,5 – 1 × 50 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 50 мм^2
АВВГз-0,66	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
АВВГзнг-0,66	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 50 мм^2
АВВГзнг-1	2 × 2,5 – 2 × 120 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 240 мм^2
	3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
АВВГ-П-0,66	2 × 2,5 – 2 × 16 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 16 мм^2
АВВГ-П-1	
АВВГнг-П-0,66	2 × 2,5 – 2 × 16 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 16 мм^2
АВВГнг-П-1	
ВБбШв-0,66	2 × 4 – 2 × 50 мм^2
	3 × 4 – 3 × 50 мм^2
	3 × 4 + 1 × 2,5 – 3 × 50 + 1 × 25 мм^2
АВБбШв-0,66	4 × 4 – 4 × 50 мм^2
	5 × 4 – 5 × 25 мм^2
ВБбШв-1	2 × 6 – 2 × 50 мм^2
	3 × 6 – 3 × 240 мм^2
	3 × 6 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2

АВБбШв-1	4 × 6 – 4 × 240 мм^2
ВБбШнг-0,66	1 × 25 – 1 × 50 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 50 мм^2
АВБбШнг-0,66	3 × 2,5 + 1 × 1,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 50 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 25 мм^2
ВБбШнг-1	1 × 25 – 1 × 625 мм^2
	2 × 2,5 – 2 × 50 мм^2
	3 × 2,5 – 3 × 240 мм^2
АВБбШнг-1	3 × 2,5 + 1 × 1,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2
	4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
АВБбШвнг-LS-0,66/1	5 × 2,5 – 5 × 240 мм^2
ВВГ, ВБбШв-6	3 × 35 – 3 × 240 мм^2
АВВГ, АВБбШв-6	
ВВГнг, ВБбШнг-6	3 × 16 – 3 × 240 мм^2
АВВГнг, АВБбШнг-6	3 × 16 – 3 × 240 мм^2
ВВГнг-LS-6, ВБбШнг-LS-6, АВВГнг-LS-6, АВБбШнг-LS-6	
АПВГ	3 × 6 + 1 × 4 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
ВБбШнг-3 **АВБбШнг-3**	240 – 625 мм^2
ВБбШвнг-1,5-0,66	2 × 4 – 2 × 50 мм^2
	3 × 4 – 3 × 50 мм^2
	3 × 4 + 1 × 2,5 – 3 × × 50 + 1 × 25 мм^2
	4 × 4 – 4 × 50 мм^2
АВБбШвнг-LS-0,66	
ВБбШвнг-LS-1	2 × 6 – 2 × 50 мм^2
	3 × 6 – 3 × 240 мм^2
	3 × 6 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2

АВБбШвнг-LS-1	4 × 6 – 4 × 240 мм^2 5 × 1,5 – 5 × 240 мм^2
ВБбШвнг-LS-0,66/1	
ПвВГ, ПвВГнг-1, ПвБбШв-1, ПвБбШнг-1, ПвБбШп-1	3 × 10 + 1 × 6 - 3 × ×240 + 1 × 120 мм^2 4 × 10 – 4 × 240 мм^2
АПвВГ, АПвВГнг-1, АПвБбШв-1, АПвБбШнг-1, АПвБбШп-1	3 × 10 + 1 × 6 - 3 × ×240 + 1 × 120 мм^2 4 × 10 – 4 × 240 мм^2
ВВБ, ВВБГ-0,66/1	2 × 1,5 – 2 × 240 мм^2 3 × 1,5 – 3 × 240 мм^2 3 × 2,5 + 1 × 1,5 – 3 × 240 + 1 × 120 мм^2 4 × 1,5 – 4 × 240 мм^2
АВВБ, АВВБГ-0,66/1	2 × 2,5 – 2 × 240 мм^2 3 × 2,5 – 3 × 240 мм^2 3 × 4 + 1 × 2,5 – 3 × × 240 + 1 × 120 мм^2 4 × 2,5 – 4 × 240 мм^2
ВРГ-0,66/1	1 × 1,0 – 1 × 95 мм^2 2 × 1,0 – 2 × 95 мм^2 3 × 1,0 – 3 × 95 мм^2 3 × 1,0 + 1 × 1,0 – 3 × 95 + 1 × 70 мм^2 4 × 1,0 – 4 × 95 мм^2
ВРГз-0,66/1	2 × 1,0 – 2 × 95 мм^2 3 × 1,0 – 3 × 95 мм^2 3 × 1,0 + 1 × 1,0 – 3 × 95 + 1 × 70 мм^2 4 × 1,0 – 4 × 95 мм^2
ВРБГ, ВРБ-0,66/1	2 × 10 – 2 × 70 мм^2 3 × 6 – 3 × 95 мм^2 3 × 4 + 1 × 2,5 – 3 × × 95 + 1 × 70 мм^2 4 × 4 – 4 × 95 мм^2
АВРГ-0,66/1	1 × 4 – 1 × 95 мм^2 2 × 2,5 – 2 × 95 мм^2 3 × 2,5 – 3 × 95 мм^2 3 × 2,5 + 1 × 2,5 – 3 × 95 + 1 × 70 мм^2 4 × 2,5 – 4 × 95 мм^2
АВРБ, АВРБГ-0,66/1	2 × 10 – 2 × 95 мм^2 3 × 6 – 3 × 95 мм^2 3 × 4 + 1 × 2,5 – 3 × × 95 + 1 × 70 мм^2 4 × 4 – 4 × 95 мм^2
NYM-J, NYM-O	1 × 1,5 – 1 × 16 мм^2 2 × 1,5 – 2 × 35 мм^2 3 × 1,5 – 3 × 35 мм^2
НУМ, НУМ-3	4 × 1,5 – 4 × 35 мм^2 5 × 1,5 – 5 × 35 мм^2
КГВВнг-0,66	2 × 0,75 – 2 × 6,0 мм^2 3 × 0,75 – 3 × 6,0 мм^2 3 × 1,0 + 1 × 1,0 – 3 × 6,0 + 1 × 4 мм^2 4 × 0,75 – 4 × 6,0 мм^2 5 × 0,75 – 5 × 6,0 мм^2
КГВЭВ, КГВЭВнг-0,66	2 × 1,5 – 2 × 6,0 мм^2 3 × 1,5 – 3 × 6,0 мм^2 3 × 1,5 + 1 × 1,0 – 3 × 6,0 + 1 × 4 мм^2 4 × 1,5 – 4 × 6,0 мм^2 5 × 1,5 – 5 × 6,0 мм^2
КГВВнг-1	1 × 10 – 1 × 300 мм^2 2 × 10 – 2 × 150 мм^2 3 × 10 – 3 × 150 мм^2 3 × 10 + 1 × 4 – 3 × × 150 + 1 × 70 мм^2 4 × 10 – 4 × 150 мм^2 5 × 10 – 5 × 150 мм^2
КГВЭВ, КГВЭВнг-1	2 × 10 – 2 × 120 мм^2 3 × 10 – 3 × 120 мм^2 3 × 10 + 1 × 4 – 3 × × 95 + 1 × 50 мм^2 4 × 10 – 4 × 95 мм^2 5 × 10 – 5 × 70 мм^2

Производитель: ОАО "Электрокабель" Кольчугинский завод"

3.20.9. Кабели и провода теплостойкие монтажные

Эти провода и кабели серии "Энерготерм" выпускают с высоким температурным индексом (−60 °C÷180 °C; 250 °C; 400 °C; 600 °C; 800 °C), высокой влагостойкостью и гибкостью; рабочее напряжение: 660 В.

Технические характеристики проводов и кабелей

ЭНЕРГОТЕРМ – 180М (ПТМК)	ЭНЕРГОТЕРМ – 400М (ПТМС)
Медная жила.	Медная жила.
Класс гибкости жил — 4 и 5.	Класс гибкости жил — 4 и 5.
Число жил — 2, 3, 4.	Число жил — 1, 3, 4.
Сечение 0,75—35 мм^2.	Сечение 1,0—16 мм^2.
Изоляция из теплостойкого, безгалогенового полимера (возможно исполнение разного цвета).	Обмотка огнестойкими лентами с пропиткой.
Безгалогеновое заполнение.	Обмотка стеклолентой.
Обмотка стеклолентой: *вариант* а) оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой; *вариант* б) оболочка из теплостойкого безгалогенового полимера.	Обмотка стеклолентой. Оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой.
Рабочая температура от −60 °C до +180 °C.	Рабочая температура от −60 °C до +400 °C.

Применение: доменный, мартеновский, литейный цеха; прокатный стан, участок термической обработки, нефтеперегонная колонна; производство цемента, аммиака, стекла; теплоэлектростанции, атомные электростанции — все эти участки объединяет одно условие — высокая (до 1000 °C и выше) температура.

Производитель: Энергопром (г. Москва)

3.20.10. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) на напряжение 10 кВ

Типы кабелей:

АПвП	ПвП
АПвПу	ПвПу
АПвВ	ПвВ
АПвВнг-LS	ПвВнг-LS

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) на напряжение 10 кВ должны заменить морально устаревшие кабели с пропитанной бумажной изоляцией (БПИ).

Кабели с изоляцией из СПЭ имеют преимущества перед кабелями с БПИ:

более высокую надежность в эксплуатации; меньшие расходы на реконструкцию и содержание кабельных линий; низкие диэлектрические потери (коэффициент диэлектрических потерь 0,001 вместо 0,008); большую пропускную способность за счет увеличения допустимой температуры нагрева жил: длительной (90 °С вместо 70 °С), при перегрузке (130 °С вместо 90 °С); более высокий ток термической стойкости при КЗ (250 °С вместо 200 °С); высокую стойкость к повреждениям; низкую допустимую температуру при прокладке без предварительного подогрева (−20 °С вместо 0 °С); низкое влагопоглощение; меньший вес, диаметр и радиус изгиба, что облегчает прокладку на сложных трассах; возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней; более экологичный монтаж и эксплуатацию (отсутствие свинца, масла, битума).

Применяются для прокладки на трассах без ограничения разности уровней:

АПвП, ПвП, АПвПу, ПвПу

в земле (в траншеях) независимо от степени коррозионной активности, если кабель защищен от механических повреждений;

на воздухе, в том числе в кабельных сооружениях, при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты;

в грунтах с повышенной влажностью и сырых, частично затапливаемых сооружениях, а также по согласованию с изготовителем, в несудоходных водоемах и в судоходных — при соблюдении мер, исключающих механические повреждения кабеля (кабели с индексом "г" и "2г");

на трассах сложной конфигурации (кабели **АПвПу, ПвПу**).

ПвВ, АПвВ, ПвВнг-LS, АПвВнг-LS

на воздухе, в том числе в кабельных сооружениях и производственных помещениях;

в сухих грунтах.

Не распространяют горение:

кабели марок ПвВ, АПвВ при одиночной прокладке;

ПвВнг-LS АПвВнг-LS при прокладке в пучках.

Технические характеристки

Номинальное переменное напряжение частоты 50 Гц, (кВ)	10,0	
Рабочая температура жил, (°С)	+90	+70*
Допустимый нагрев жил при работе в аварийном режиме, (°С)	+130	+90*
Максимальная температура жил при коротком замыкании, (°С)	+250	+200*
Эксплуатация при температуре окружающей среды, (°С)		
— для ПвВ, АПВв, ПвВнг-LS, АПвВнг-LS		−50...+50
— для ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу	−60...+50	
Монтаж без предварительного подогрева при температуре не ниже, (°С)		
— для ПвВ, АПВв, ПвВнг-LS, АПвВнг-LS	−15	0*
— для ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу	−20	
Радиус изгиба кабелей (наружных диаметров)	15 (7,5**)	15—25*
Строительная длина, не менее (м)	1050	350*
Гарантийный срок эксплуатации, (год)	5	4,5*
Срок службы кабелей, (год)	30	

*Для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией (БПИ).
**При использовании специального шаблона при монтаже.

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей с изоляцией из СПЭ выше чем кабелей с БПИ:

на 25 % — 40 % (при расположении треугольником);

на 30 % — 75 % (при расположении в плоскости).

Это позволяет использовать кабель меньшего сечения или с большей нагрузкой.

Производитель: “Камкабель” (г. Пермь)

3.20.11. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ

Типы кабелей

АПвВГ	ПвБбШв
ПвВГ	АПвБбШнг
АПвВГнг	ПвБбШнг
ПвВГнг	АПвБбШп
АПвБбШв	ПвБбШп

Оболочка:

— для АПвВГ и ПвВГ — из ПВХ пластиката, не распространяющая горение при одиночной прокладке;

— для АПвВГнг и ПвВГнг — из ПВХ пластиката пониженной горючести, не распространяющая горение при прокладке в пучках.

Оболочка:

— для АПвБбШв, ПвБбШв — из ПВХ пластиката, не распространяющая горение при одиночной прокладке;

— для АПвБбШнг, ПвБбШнг — из ПВХ пластиката пониженной горючести, не распространяющая горение при прокладке в пучках;

— для АПвБбШп, ПвБбШп — из полиэтилена.

Применяются для прокладки:

АПвВГ, АПвВГнг, ПвВГ, ПвВГнг

в воздухе при отсутствии опасности механических повреждений в ходе эксплуатации; в сухих или сырых помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях, частично затапливаемых сооружениях при наличии среды со слабой, средней и высокой коррозионной активностью;

на специальных кабельных эстакадах, по мостам и в блоках;

в местах подверженных вибрации.

АПвБбШв, АПвБбШнг, ПвБбШв, ПвБбШнг

в земле (траншеях) с низкой, средней или высокой коррозионной активностью, с наличием или отсутствием блуждающих токов, если в процессе эксплуатации кабели не подвергаются значительным растягивающим усилиям;

в воздухе при наличии опасности механических повреждении в ходе эксплуатации;

для прокладки в сухих или сырых помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях, частично затапливаемых сооружениях при наличии среды со слабой, средней и высокой коррозионной активностью.

АПвБбШп, ПвБбШп

в земле (траншеях) с низкой, средней или высокой коррозионной активностью, с наличием или отсутствием блуждающих токов если в процессе эксплуатации кабели не подвергаются значительным растягивающим усилиям;

в грунтах с повышенной влажностью;

в воде.

Технические характеристики

Номинальное переменное напряжение частоты 50 Гц, кВ	1,0	
Максимальное переменное напряжение частоты 50 Гц, кВ	1,2	
Испытательное переменное напряжение 50 Гц, 10 мин, кВ	3,5	
Сопротивление изоляции при температуре +90 °С, не менее МОм × км	50	0,005*
Рабочая температура жил, °С	+90	+70
Температура жил при работе в аварийном режиме, °С	+130	+80
Температура жил при коротком замыкании в течение 4 сек., °С	+250	+160
Эксплуатация при:		
— температуре окружающей среды, °С	−50...+50	
— влажности воздуха при 35 °С, %	98	
Монтаж при температуре не ниже, °С	−15	
Радиус изгиба кабеля, наружных диаметров	7,5	
Гарантийный срок эксплуатации, год	5	
Срок службы, год	30	

*Для кабелей с изоляцией из ПВХ пластиката.

Длительно допустимые токовые нагрузки больше на 13—16 % в сравнении с кабелями с изоляцией из ПВХ пластиката, а также при равных токовых нагрузках дают возможность использовать кабели сечением на ступень ниже.

Кроме того, силовые кабели из СПЭ имеют более высокую надежность при эксплуатации, медленное старение изоляции, высокую электрическую прочность изоляции, меньший вес и габариты.

3.20.12. Самонесущие изолированные провода

Самонесущие изолированные провода (СИП) предназначены для применения в воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) с подвеской на опорах или фасадах зданий и сооружений.

Климатическое исполнение — УХЛ, категории размещения — 1, 2 и 3.

Типы самонесущих изолированных проводов:

СИП-1 СИП-1А СИП-3

СИП-2 СИП-2А

Конструкция:

1. Фазная токопроводящая жила из алюминия, многопроволочная, уплотненная.

2. Нулевая несущая жила из алюминиевого сплава АВЕ или сталеалюминиевая, многопроволочная, уплотненная.

3. Изоляция:

- светостабилизированного полиэтилена (LDPE) для проводов СИП-1, СИП-1А
- светостабилизированного полиэтилена (XDPE) для проводов СИП-2, СИП-2А, СИП-3

Преимущества СИП:

при равнозначных капиталовложениях, ЛЭП с СИП требуют меньших эксплуатационных расходов; возможность совместной подвески на опорах проводов с разным уровнем напряжения и с телефонными линиями; уменьшение безопасных расстояний до зданий и других инженерных сооружений (электрических, телефонных, воздушных линий); высота над уровнем земли — 4 метра, для неизолированных проводов — 6 метров; исключена возможность короткого замыкания между проводами фаз или на землю; исключение опасности возникновения пожаров в случае падения проводов на землю; высокая безопасность обслуживания — отсутствие риска поражения при касании фазных проводов, находящихся под напряжением; меньший вес и большая длительность налипания снега, повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования, уменьшение гололедно-ветровых нагрузок на опоры; снижение падения напряжения вследствие малого реактивного сопротивления; сокращение объемов аварийно-восстановительных работ; простота ремонтов, особенно при работах под напряжением; снижение вероятности хищения электроэнергии и разрушения ЛЭП; безопасность работ вблизи ЛЭП.

Технические характеристики
СИП-1, СИП-1А

Количество и сечение жил, шт × кв. мм	Масса, кг/км		Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
	СИП-1	СИП-1А			
1 × 16 + 1 × 25	159,29	192,99	15,0	75	1,0
2 × 16	—	135,84	13,0	70	1,0
2 × 25	—	202,40	15,0	95	1,6
3 × 16 + 1 × 25	294,48	327,97	22,0	70	1,0
3 × 25 + 1 × 35	434,19	478,85	26,0	95	1,6

Количество и сечение жил, шт × кв. мм	Масса, кг/км		Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
	СИП-1	СИП-1А			
3 × 35 + 1 × 50	600,04	651,68	30,0	115	2,3
3 × 50 + 1 × 70	815,64	884,12	35,0	140	3,2
3 × 70 + 1 × 95	1122,41	1205,21	41,0	180	4,5
3 × 120 + 1 × 95	1620,18	1702,98	47,0	250	5,9
4 × 16	—	271,70	22,0	70	1,0
4 × 25	—	404,81	26,0	95	1,6
4 × 16 + 1 × 25	362,40	395,89	22,0	70	1,0
4 × 25 + 1 × 35	535,39	580,06	26,0	95	1,6

СИП-2, СИП-2А

Количество и сечение жил, шт × кв. мм	Масса, кг/км		Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
	СИП-1	СИП-1А			
1 × 16 + 1 × 25	157,90	189,86	15,0	105	1,5
2 × 16	—	131,90	13,0	100	1,5
2 × 25	—	253,00	15,0	130	2,3
3 × 16 + 1 × 25	290,40	322,13	22,0	100	1,5
3 × 25 + 1 × 35	428,90	465,13	26,0	130	2,3
3 × 35 + 1 × 50	574,61	624,20	30,0	160	3,2
3 × 50 + 1 × 70	809,51	867,04	35,0	195	4,6
3 × 70 + 1 × 95	1089,59	1165,10	41,0	240	6,5
3 × 95 + 1 × 95	1363,32	1438,83	45,0	300	8,8
3 × 120 + 1 × 95	1579,67	1655,18	47,0	340	7,2
4 × 16	—	263,80	22,0	100	1,5
4 × 25	—	394,3	26,0	130	3,2
4 × 16 + 1 × 25	356,98	388,70	22,0	100	1,5
4 × 25 + 1 × 35	528,31	564,57	26,0	130	3,2

СИП-3				
Количество и сечение жил, шт × кв. мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
1 × 50	239,00	12,6	245	4,3
1 × 70	304,00	14,3	310	6,4
1 × 95	383,00	16,0	370	8,6
1 × 120	461,00	17,4	430	11,0
1 × 150	552,00	18,8	485	13,5

Техническая характеристика СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А, СИП-3

	СИП-1, СИП-1А	СИП-2, СИП-2А	СИП-3
Номинальное переменное напряжение частоты 50 Гц, кВ.	1,0	1,0	20,0
Рабочая температура жилы, не более °С .	70	90	90
Температура жилы в режиме перегрузки в течение 8 часов, не более °С	80	130	130
Температура короткого замыкания, °С	135	250	250
Температура окружающей среды, мин./макс. °С.	минус 50/плюс 50		
Монтаж при температуре, не ниже °С . .	минус 20		
Срок службы, год.	25		
Гарантийный срок эксплуатации, год. . .	3		

Сопротивление токопроводящих жил, не более Ом/км

Сечение, кв. мм	Фазные	Несущие
16	1,91	—
25	1,20	1,38
35	0,868	0,986
50	0,641	0,720
70	0,443	0,493
95	0,320	0,363
120	0,253	0,288
150	—	0,236
Производитель: “Камкабель” (г. Пермь).		

3.20.13. Устройства защитного отключения УЗО-щитМ-2

Таблица 3.20.9. **Технические характеристики УЗО-щит М-2**

Номинальное рабочее напряжение устройств U_n, В	220
Номинальная частота тока, Гц	50
Номинальный ток устройств, I_n (А), при температуре окружающей среды от +5 °С до +20 °С	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$, А	0,01; 0,03
Номинальная дифференциальная включающая и отключающая способность, для устройств на номинальные токи, А:	
— до 50 А	500
— до 63 А	630

Степень защиты устройств от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями:	
— зажимов для присоединения внешних проводников устройства	IP 00
— остальных частей устройства	IP 30
Потребляемая мощность, не более Вт	20
Режим работы устройства	Продолжительный
Время срабатывания от действия тока $I_{\Delta n}$, не более сек	0,1
Масса, не более кг	0,45
Сечение внешних присоединяемых проводников, мм^2:	
— медных	1,0—16,0
— алюминиевых	2,5—25,0
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".	

3.20.14. Стационарные газовые электроагрегаты типов АГ60С-Т400-1Р, АГ100С-Т400-РМ2, АГ200С-Т400-1РМ1

Стационарные газовые электростанции созданы на базе хорошо зарекомендовавших себя при эксплуатации в различных условиях дизельных электроагрегатов на базе дизелей ЯМЗ. Предназначены для основного и резервного электроснабжения нефтегазодобывающих, промышленных, сельскохозяйственных, культурно-бытовых и других объектов.

Таблица 3.20.10. **Техническая характеристика газовых электроагрегатов типа АГ, АГ-100 и АГ-200**

	АГ-60	АГ-100	АГ-200
Номинальная мощность, кВт	60	100	180
Род тока	переменный, трехфазный		
Номинальное напряжение, В	400		
Номинальная частота, Гц	50		
Степень автоматизации	1		
Первичный двигатель	ЯМЗ-Г236М2 на базе дизеля ЯМЗ-236	ЯМЗ-Г238М2 на базе дизеля ЯМЗ-238	ЯМЗ-Г240 на базе дизеля ЯМЗ-240
Синхронный генератор	ГС-60	ГС-100	ГС-200
Вид топлива	Газы: природный, нефтяной, попутный, сжиженный углеводородный, генераторный и другие		

Продолжение табл. 3.20.10

	АГ-60	АГ-100	АГ-200
Расход газового топлива в перерасчете на метан, норм. м^3/ч	19,5—22,5	28,0	62,0—64,0
Рекомендации по применению:			
— давление газа в газоподводящей магистрали, кПа, не менее		20	
— содержание серы в газе (по массе), %, не более		0,15	
Ресурс до капитального ремонта, ч, не менее		12 000—14 000	
Габаритные размеры, мм			
— длина	2200	2510	3500
— ширина	1000	1020	1200
— высота	1500	1500	2100
Масса, кг	1700	2050	4350
Производитель: ОАО "Электроагрегат" (г. Курск).			

3.20.15. Газовые мотор-генераторы

Предназначены для выработки электрической и тепловой энергии за счет сжигания в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания газообразного углеводородного топлива различного состава.

Используются в качестве основного, резервного или аварийного источника электроснабжения для обеспечения собственных нужд предприятия и отдельных населенных пунктов.

Могут длительно и устойчиво работать как автономно, так и параллельно с другими идентичными по характеристикам электростанциями, в т. ч. и с промышленной сетью.

Таблица 3.20.11. **Техническая характеристика газовых мотор-генераторов**

Тип двигателя	6ГЧ15/18	12ГЧ15/18
Расположение цилиндра	Рядное	V-образное
Номинальная мощность, кВт	100	200
Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	1500	1500

Тип двигателя	6ГЧ15/18	12ГЧ15/18
Напряжение, В	400	400
Род тока	Трехфазный, переменный	
Частота тока, Гц	50	50
Давление газа на входе в двигатель, бар	0,3...2,5	
Расход газа, нм^3/ч	35	70
Габаритные размеры, мм	2860 × 1300 × 1570	3275 × 1462 × 1645
Масса, кг	2300	3400
Время необслуживаемой работы, ч	500	
Ресурс работы до кап. ремонта, ч	30000	
Расход масла на угар, г/кВт	2	
Производитель: ООО "ВНИИГАЗ" (Московская обл., пос. Развилка).		

3.20.16. Устройства комплектные распределительные одностороннего обслуживания 6—10 кВ КСО

Предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц потребителей различного назначения.

Таблица 3.20.12. **Технические характеристики комплектных распределительных устройств одностороннего обслуживания типа КСО**

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	6 и 10
Номинальный ток главных цепей, А	630, 800, 1000
Номинальный ток электродинамической стойкости, кА	51,0
Номинальный ток термической стойкости, при времени протекания 1 с, кА	20
Вид изоляции	Воздушная
Климатическое исполнение	У3
Производитель: ЗАО Завод "РЭЛТЭК" (г. Екатеринбург).	

3.20.17. Контакторы электромагнитные серии КТ7000Б, КТП7000Б

Контакторы электромагнитные открытого исполнения общего применения с естественным воздушным охлаждением серии КТ7000Б и КТП7000Б предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии.

Таблица 3.20.13. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7000Б, КТП7000Б**

	КТ7022Б КТ7023Б	КТ7024Б	КТП7022Б КТП7023Б	КТП7024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380	380	380	380
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
а) переменного тока	36, 110, 220, 380, 500	36, 110, 220, 380, 500	—	—
б) постоянного тока	—	—	24, 48, 110, 220	24, 48, 110, 220
Количество вспомогательных контактов	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"
Число полюсов	2; 3	4	2; 3	4
Допустимая частота включений циклов в час	1200	600	1200	600
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов	330	330	330	330
Масса, кг	6,1...7,2	9	6,1...7,2	9
Категория основного применения	АС-4	АС-4	АС-4	АС-4
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".				

3.20.18. Контакторы электромагнитные серии КТ7100У и КТ7200У

Контакторы предназначены в основном для работы во взрывозащищенных и рудничных пускателях.

Контакторы серии КТ7100У и КТ7200У изготавливаются со вспомогательными контактами в сочетании: два замыкающих и два размыкающих контакта или три замыкающих и три размы-

кающих контакта для цепей управления всех типов контакторов; а также в сочетании один замыкающий и один размыкающий контакт для цепей управления, и два замыкающих и два размыкающих контакта для искробезопасных цепей.

Таблица 3.20.14. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7100У и КТ7200У**

Номинальный ток, А	125
Номинальное напряжение, В	660
Номинальное напряжение втягивающей катушки переменного тока, В	36, 220, 380, 440, 500, 600
Число полюсов КТ7100У и КТ7200У	3
Механическая износостойкость, млн. циклов	3
Коммутационная износостойкость, млн. циклов	1
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".	

3.20.19. Контакторы электромагнитные серии КТ6000/00, КТП6000/00, КТ6000/20

Контакторы предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии. Контакторы КТ6000/20 с защелкивающим механизмом применяют в приводах, где не допускается отключение контактора при исчезновении или снижении напряжения в цепи включающей катушки.

Контакторы изготавливаются для применения в электрооборудовании, комплектных устройствах для обеспечения их эксплуатации, а также ремонта.

Режим работы контакторов — продолжительный, прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный.

Таблица 3.20.15. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ, КТП**

Номинальный ток, А	16
Номинальное напряжение, В	
а) переменного тока	500
б) постоянного тока	220
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В	
а) переменного тока частотой 50 Гц	110, 220, 380, 500
б) постоянного тока	48, 110, 220

Число полюсов	3
Механическая износостойкость, млн. циклов ВО	
КТ6000/00, КТП6000/00	5
КТ6000/20	0,025
Коммутационная износостойкость, млн. циклов ВО	
КТ6000/00, КТП6000/00	500
КТ6000/20	25
Наибольшая частота включений в час:	
КТ6000/00, КТП6000/00	600
КТ6000/20	60
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".	

3.20.20. Контакторы электромагнитные серии КТ6600, КТ6600Г

Таблица 3.20.16. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6600**

	КТ6622 КТ6623	КТ6632 КТ6633	КТ6632Г КТ6633Г
Номинальный ток, А	160	250	250
Номинальное напряжение, В	660	380	380
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:			
а) переменного тока частотой 50Гц	36, 110, 220, 380, 500, 600	36, 110, 380, 500, 600	—
б) постоянного тока	—	—	24, 48, 110, 220
Количество вспомогательных контактов	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"
Число полюсов	2 : 3	2; 3	2; 3
Допустимая частота включений циклов в час	1200	1200	1200
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов ВО	250	200	200
Категория основного применения	АС-4	АС-4	АС-4
Масса не более, кг	6,2...7,4	7,0...8,2	9,4...10,6
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".			

3.20.21. Контакторы электромагнитные серии КТ6000Б, КТП6000Б

Таблица 3.20.17. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТП6000Б, КТ6000Б**

	КТ6022Б КТ6023Б	КТ6024Б	КТП6022Б КТП6023Б	КТП6024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380	380	380	380
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
а) переменного тока	36, 110, 220, 380, 500	36, 110, 220, 380, 500	—	—
б) постоянного тока	—	—	24, 48, 110, 220	24, 48, 110, 220
Количество вспомогательных контактов	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"
Число полюсов	2 : 3	4	2 : 3	4
Допустимая частота включений циклов в час	1200	600	1200	600
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов ВО:	330	330	330	330
Масса, кг	6 : 7	8,6	8,4 : 9,6	11,3
Категория основного применения	АС-4	АС-4	АС-4	АС-4
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".				

3.20.22. Контакторы электромагнитные серии КТ6640-У3

Таблица 3.20.18. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6640-У3**

Номинальный ток, А	400
Номинальное напряжение, В	660
Номинальное напряжение втягивающей катушки переменного тока, В	220, 380
Число полюсов КТ6642-У3/КТ6643-У3	2/3
Число вспомогательных контактов	2 "З" и 2 "Р" или 3 "З" и 3 "Р"
Категория основного исполнения	АС-4
Наибольшая частота включений в час, вкл./час	300
Механическая износостойкость, млн. циклов ВО	1
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов ВО	200
Производитель: ОАО "Владикавказский завод "Электроконтактор".	

3.20.23. Низковольтные контакторы

Контакторы предназначены для включения и отключения асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и других приемников электроэнергии и могут быть встроены в оболочки рудничного и взрывозащищенного электрооборудования.

Таблица 3.20.19. **Техническая характеристика низковольтных контакторов типов КТМ, КТ**

Параметры	Тип			
	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Номинальное напряжение, кВ	1,140			
Номинальный ток, А	250	400		250
Частота, Гц	50	50	50	50
Ток включения, А	5600	6500		5600
Ток отключения, А	3000			
Напряжение управления, В	36	220	36	220
Коммутационная износостойкость, тысяч циклов "ВО"				
в категории применения АС-3	1600	2000	1600	1600
в категории применения АС-4	300	630	300	300
Механическая износостойкость, тысяч циклов "ВО"	5000			
Габаритные размеры, мм				
длина	150	325		220
ширина	220	325		160
высота	195	210		170
Масса, кг	6	22	22,5	6,4
Производитель: ОАО "Электрокомплекс" (г. Минусинск).				

3.20.24. Вакуумные выключатели

Таблица 3.20.20. **Технические характеристики вакуумных выключателей**

	ВВТЭ-М-10	ВБПС-10	ВВЭ-М-10	ВБПВ-10
1. Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10
2. Номинальный ток, А	630...1600	630...1600	630...1600	630...1600
3. Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20; 31,5	1,5; 20; 31,5	20; 31,5	20, 31,5
4. Полное время отключения, с	0,04	0,055	0,04	0,035
5. Собственное время включения, с	0,1	0,06	0,1	0,06
6. Коммутационная износостойкость:				
— при ном. токе, циклы "ВО"	50000	25000	50000	25000
— при ном. токе отключения, циклы "ВО"	50	50	50	50
7. Габариты, (высота-ширина-длина), мм	640 × 547×436	650 × 560 × 390	828 × 617 × 593	828 × 617 × 623
8. Масса, кг, не более	77	73	96	92
9. Привод	Электромагнитный	Пружиномоторный	Электромагнитный	Пружиномоторный
10. Применяемость	Предназначены для установки в ячейки КРУЭ-6П, 2КВЭ-6М, КРУП-6П, а также для замены маломасляных выключателей в любых типах распределительных устройств.		Предназначены для установки в КРУ типа К-104, КМ-1Ф, К-49. Выключатели по своим присоединительным размерам и схемам управления взаимозаменяемы с выключателями типа ВК-10 и ВКЭ-10.	
11. Исполнение	Стационарное		Выкатной элемент	

Продолжение таблицы 3.20.20

	ВБЧ-СП-10	ВБЧ-СЭ-10	ВБСК-10	ВВЭ-М-10
1. Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10
2. Номинальный ток, А	630...1600	630...1600	630...1600	2000...3150
3. Номинальный ток отключения, кА	20, 31,5	20; 31,5	12,5; 20	31,5...40
4. Полное время отключения, с	0,04	0,04	0,05	0,05
5. Собственное время включения, с	0,1	0,1	0,1	0,1
6. Коммутационная износостойкость:				
— при ном. токе, циклы "ВО"	30000	30000	50000	10000
— при ном. токе отключения, циклы "ВО"	50	50	50	25
7. Габариты, (высота-ширина-длина), мм	960 × 560 × 516	1160 × 560 × 516	492 × 467 × 310	945 × 624 × 678
8. Масса, кг, не более	104	104	42	210
9. Привод	Электромагнитный	Электромагнитный	Электромагнитный	Электромагнитный
10. Применяемость	Предназначены для установки в КРУ типа КРУЭ-10, КРУЭП-10, ПП-10-6/630ХЛ1.		Для замены маломасляных выключателей	Предназначены для установки в КРУ типа К-105 и замены маломасляных выключателей
11. Исполнение	Выкатной элемент		Стационарное	Стационарное. Выкатной элемент
Производитель: ОАО "Электрокомплекс" (г. Минусинск).				

3.20.25. Комплектные конденсаторные установки регулируемые, низкого напряжения, с фильтрацией высших гармоник, типа УКМФ 71

Комплектные конденсаторные установки типа УКМФ 71 низкого напряжения предназначены для фильтрации высших гармоник, снижения коэффициента несинусоидальности питающего напряжения и тока, повышения коэффициента мощности электроустановок промышленных предприятий и распределительных сетей, а также для автоматического регулирования мощности.

Основные данные

Номинальное напряжение	400 В
Частота	50 Гц
Коэффициент несинусоидальности	3,6
Температура окружающего воздуха	от −10 °С до + 45 °С
Степень защиты	IP21, IP54

Таблица 3.20.21. **Технические данные комплектных конденсаторных установок, регулируемых НН с фильтрацией высших гармоник типа УКМФ 71**

Тип	Мощность, Квар	Количество ступеней	Мощность ступеней	Ток, А	Сечение медного кабеля для ввода, мм	Масса, кг
УКМФ 71-0,4-25-25-У3	25	1	1 × 25	36	3 × 16	160
УКМФ 71-0,4-50-25-У3	50	2	2 × 25	72	3 × 50	200
УКМФ 71-0,4-75-25-У3	75	3	1 × 25 + 1 × 50	108	3 × 70	250
УКМФ 71-0,4-100-25-У3	100	4	2 × 25 + 1 × 50	144	3 × 120	280
УКМФ 71-0,4-125-25-У3	125	5	1 × 25 + 2 × 50	180	3 × 185	315
УКМФ 71-0,4-150-25-У3	150	6	2 × 25 + 2 × 50	217	3 × 240	340
УКМФ 71-0,4-175-25-У3	175	7	1 × 25 + 3 × 50	253	2 × (3 × 95)	380
УКМФ 71-0,4-200-25-У3	200	8	2 × 25 + 3 × 50	289	2 × (3 × 120)	400
УКМФ 71-0,4-250-25-У3	250	5	2 × 25 + 4 × 50	361	2 × (3 × 185)	460
УКМФ 71-0,4-300-25-У3	300	6	2 × 25 + 5 × 50	433	2 × (3 × 240)	520
Производитель: АО "Электроинтер" (г. Серпухов).						

3.20.26. Конденсаторы косинусные низковольтные типа КПС

Однофазные конденсаторы для компенсации реактивной мощности серии КПС изготавливаются из металлизированной пленки (полипропилен) или металлизированной бумаги, являются самовосстанавливающимися и оснащенными защитой от повышенного давления.

Использование высококачественных материалов контролируется в процессе производства, что позволяет применять эти конденсаторы в тех областях, где необходима надежность и безопасность.

Однофазные конденсаторы типа КПС являются наиболее современным решением для производства оборудования по компенсации реактивной мощности в промышленности и сельском хозяйстве.

Таблица 3.20.22. **Технические характеристики конденсаторов косинусных низковольтных типа КПС**

Тип конденсаторов	Напряжение, В	Частота, Гц	Мощность, Квар	Емкость, мкф	Размер, мм
Серия КПС	230	50	1,67	100	6 × 132
	400	50	3,33	66,3	60 × 132
	400	50	4,17	83	60 × 132
	415	50	3,3	61,1	60 × 132
	415	50	4,17	77	60 × 132
	450	50	3,33	52,4	60 × 132
	450	50	4,17	65,6	60 × 132
	500	50	3,33	42,4	60 × 132
	525	50	3,33	38,5	60 × 132
	550	50	3,33	35,1	60 × 132
	550	50	4,17	43,9	60 × 132
Производитель: АО "Электроинтер" (г. Серпухов).					

3.20.27. Комплектные конденсаторные установки нерегулируемые, низкого напряжения

Комплектные конденсаторные установки низкого напряжения типа УК предназначены для повышения коэффициента мощности осветительных сетей переменного тока с газоразрядными лампами высокого давления.

Таблица 3.20.23. **Технические данные конденсаторных установок типа УК**

Тип	Мощность, Квар	Количество конденсаторов	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
УК 1-0,4-10 УЗ	10	1	100	300	250	11
УК 1-0,4-20 УЗ	20	1	200	300	250	22
УК 1-0,4-33,3 УЗ	33,3	1	130	430	450	25
УК 1-0,4-36 УЗ	36	1	130	430	450	28
УК 1-0,4-37,5 УЗ	37,5	1	130	430	450	30
УК 2-0,4-40 УЗ	40	2	345	430	500	52
УК 2-0,4-67 УЗ	67	2	345	430	500	59
УК 3-0,4-75 УЗ	75	3	550	430	500	78
УК 3-0,4-100 УЗ	100	3	550	430	500	87
УК 4-0,4-133 УЗ	133	4	755	430	500	115
УК 5-0,4-150УЗ	150	5	755	430	950	145
УК 6-0,4-200 УЗ	200	6	755	430	1250	185
Производитель: АО "Электроинтер" (г. Серпухов).						

3.20.28. Шкафы распределительные с компенсацией реактивной мощности серии ШК-85

Шкафы распределительные серии ШК-85 предназначены для приема и распределения электрической энергии при напряжении 380 В, трехфазного переменного тока, частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью, защиты линий от перегрузок и коротких замыканий, компенсации реактивной мощности в электрических сетях с газоразрядными лампами высокого давления, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Шкафы распределительные серии ШК-85 широко применяются в различных областях промышленности и сельского хозяйства.

Таблица 3.20.24. **Технические характеристики шкафов серии ШК-85**

Серия	Напряжение, В	Ток короткого замыкания, кА	Ток, А	Мощность, Квар	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
ШК 8503-4474 АУЗ	380	15	250	133	930	585	1450	215
ШК 8504-4474 АУЗ	380	15	250	133	930	585	1450	215
ШК 8505-4474 АУЗ	380	15	250	133	930	585	1450	200
Производитель: АО "Электроинтер" (г. Серпухов)								

3.20.29. Трансформаторы сухие ЗАО "Электрофизика"

Трансформаторы сухие выпускают мощностью от 100 до 6300 кВ · А и напряжением до 24 кВ по лицензии фирмы "MORA Transformer AB".

Трансформаторы рассчитаны на длительный режим работы в жестких климатических условиях и отличаются высокой надежностью, пожаробезопасностью, экологичностью, экономичностью и удобством в эксплуатации.

В конструкции трансформаторов использованы новые изоляционные материалы, открытые обмотки из меди, пропитанные под вакуумом полиэстерными смолами и полимеризированные при высокой температуре, а также ряд оригинальных конструкторских решений и передовых технологий. Этим достигается соответствие высоким эксплуатационным требованиям.

Таблица 3.20.25. **Сравнительные характеристики трансформаторов ЗАО "Электрофизика" с трансформаторами с литой изоляцией из смеси эпоксидной смолы и кварцевой муки**

Наименование характеристики трансформатора	Трансформатор с литой изоляцией	Трансформатор ЗАО "Электрофизика"
Возможность возникновения частичного разряда	Уровень возникновения частичного разряда 1,2 × $U_{ном}$	Нет
Электрическая прочность — отношение грозового испытательного импульса к номинальному напряжению	30 кВ/145 кВ	10 кВ/75 кВ 24 кВ/180 кВ
Класс изоляции	*F* (155 °C)	*F* (155 °C) *H* (180 °C)
Перегрузочная способность для класса изоляции *F* (155 °C)	Увеличение нагрузки на 40 % требует установки дополнительной вентиляции	Увеличение нагрузки до 120 % не требует дополнительной вентиляции Увеличение нагрузки на 40 % — трансформатор работает без дополнительно вентиляции более 1 часа
Условия эксплуатации	От −25 °C до +40 °C	−50 °C до +50 °C
Материал обмоток высокого и низкого напряжения	Алюминий	Медь

Наименование характеристики трансформатора	Трансформатор с литой изоляцией	Трансформатор ЗАО "Электрофизика"
Подключение обмоток высокого и низкого напряжения	Непосредственно на выводные концы катушек	Через опорные изоляторы, выбранные с учетом механических нагрузок, возникающих при КЗ
Пожароопасность:		
а) способность самовозгорания (сравнительная)	5—10	1
б) содержание токсичных добавок в изоляции	Да	Нет
в) генерация дыма в случае пожара	Немного	Нет
Экологическая рециркуляция материала проводника катушек	Нет	Да
Производитель: ЗАО "Электрофизика".		

3.20.30. Трансформаторы серий ТМГ, ТМГА

Таблица 3.20.26. **Технические характеристики трансформаторов серии ТМГ**

Тип	Потери холостого хода, Вт	Ток холостого хода, %	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %
ТМГ-100/10-У1	280	2,2	1970	4,5
ТМГ-160/10-У1	380	2,0	2600	
ТМГ-250/10-У1	450	1,8	3700	
ТМГ-400/10-У1	650	1,6	5200	
ТМГ-630/10-У1	950	1,4	7500	5,5
ТМГ-1000/10-У1	1300	1,2	11000	6,0

Тип	Длина × ширина × высота, мм			Масса, кг
ТМГ-100/10-У1	900	750	1080	575
ТМГ-160/10-У1	1000	780	1170	780
ТМГ-250/10-У1	1480	890	1230	1035
ТМГ-400/10-У1	1540	890	1370	1530
ТМГ-630/10-У1	1720	1000	1560	2100
ТМГ-1000/10-У1	1720	1080	1800	3030

Таблица 3.20.27. **Технические характеристики трансформаторов серии ТМГА**

Тип	Потери холостого хода, Вт	Ток холостого хода, %	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %
ТМГА-25/10-У1	130	6,0	600	4,5
ТМГА-40/10-У1	150	5,0	800	
ТМГА-63/10-У1	200	4,0	1280	
ТМГА-100/10-У1	280	3,5	1970	
ТМГА-160/10-У1	350	3,0	2600	
ТМГА-250/10-У1	560	2,5	3700	
ТМГА-400/10-У1	650	2,0	5200	
ТМГА-630/10-У1	1000	1,5	7600	5,5
ТМГА-1000/10-У1	1350	1,2	11200	6,0
Тип	**Длина × ширина × высота, мм**			**Масса, кг**
ТМГА-25/10-У1	776	650	860	290
ТМГА-40/10-У1		752	900	350
ТМГА-63/10-У1			970	400

Тип	Длина × ширина × высота, мм			Масса, кг
ТМГА-100/10-У1	1038	798	1055	595
ТМГА-160/10-У1			1125	688
ТМГА-250/10-У1	1362	838	1218	1010
ТМГА-400/10-У1			1478	1330
ТМГА-630/10-У1	1412	922	1528	1855
ТМГА-1000/10-У1	1712	1072	1807	2690
Производитель: ОАО ХК "Электрозавод".				

3.20.31. Стабилизаторы напряжения трехфазные типа СН 53

Трехфазные стабилизаторы напряжения переменного тока типа СН 53 предназначены для обеспечения качественного электропитания промышленных потребителей при условии кратковременного и длительного отклонения напряжения электросети от номинального.

Таблица 3.20.28. **Технические характеристики трехфазных стабилизаторов типа СН 53**

Тип	Мощность, кВт	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 53-0,4-4-20-У3	4	20	400	290×500×850	55
СН 53-0,4-5-15-У3	5	15	400	290×500×850	55
СН 53-0,4-7,5-20-У3	7,5	20	400	290×500×850	65
СН 53-0,4-10-15-У3	10	15	400	290×500×850	65
СН 53-0,4-12-20-У3	12	20	400	360×520×1000	100
СН 53-0,4-15-15-У3	15	15	400	360×520×1000	100
СН 53-0,4-15-20-У3	15	20	400	360×520×1000	120
СН 53-0,4-20-15-У3	20	15	400	360×520×1000	120
СН 53-0,4-24-20-У3	24	20	400	405×670×1150	160
СН 53-0,4-30-15-У3	30	15	400	405×670×1150	160
СН 53-0,4-36-20-У3	36	20	400	405×670×1150	180

Тип	Мощность, кВт	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 53-0,4-50-15-У3	50	15	400	405×670×1150	180
СН 53-0,4-60-20-У3	60	20	400	605×800×1600	350
СН 53-0,4-75-15-У3	75	15	400	605×800×1600	350
СН 53-0,4-80-20-У3	80	20	400	605×800×1600	400
СН 53-0,4-105-15-У3	105	15	400	605×800×1600	400

Таблица 2.20.29. **Технические характеристики трехфазных стабилизаторов типа СН 53**

Тип	Мощность, кВт	Мощность трансформатора, кВА	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 53-0,4-160-15-У3	160	188	15	(380) 400 (415)	88×88×1900	600
СН 53-0,4-160-20-У3	160	200	20	(380) 400 (415)	1200×800×1900	800
СН 53-0,4-200-15-У3	200	236	15	(380) 400 (415)	1200×800×1900	800
СН 53-0,4-200-20-У3	200	250	20	(380) 400 (415)	1200×800×1900	900
СН 53-0,4-250-15-У3	250	295	15	(380) 400 (415)	1200×800×1900	900
СН 53-0,4-250-20-У3	250	315	20	(380) 400 (415)	1400×800×1900	1200
СН 53-0,4-315-15-У3	315	372	15	(380) 400 (415)	1400×800×1900	1200
СН 53-0,4-315-20-У3	315	400	20	(380) 400 (415)	2400×800×1900	1600
СН 53-0,4-400-15-У3	400	472	15	(380) 400 (415)	2400×800×1900	1600
СН 53-0,4-400-20-У3	400	500	20	(380) 400 (415)	2400×800×1900	2000
СН 53-0,4-500-15-У3	500	590	15	(380) 400 (415)	2400×800×2100	2000
СН 53-0,4-500-20-У3	500	630	20	(380) 400 (415)	2400×800×2100	2400
СН 53-0,4-630-15-У3	630	743	15	(380) 400 (415)	2400×800×2100	2400
СН 53-0,4-630-20-У3	630	800	20	(380) 400 (415)	3000×1200×2100	2600
СН 53-0,4-800-15-У3	800	945	15	(380) 400 (415)	3000×1200×2100	2600
СН 53-0,4-800-20-У3	800	1000	20	(380) 400 (415)	3000×1200×2100	2800
СН 53-0,4-1000-15-У3	1000	1180	15	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	2800
СН 53-0,4-1000-20-У3	1000	1250	20	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	3000
СН 53-0,4-1250-15-У3	1250	1475	15	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	3000

Таблица 3.20.30. **Технические характеристики трехфазных стабилизаторов типа СН 53**

Тип	Мощность, кВт	Мощность трансформатора, кВА	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 53-0,4-1250-20-У3	1250	1600	20	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	4200
СН 53-0,4-1600-15-У3	1600	1888	15	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	4500
СН 53-0,4-1600-20-У3	1600	2000	20	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	5200
СН 53-0,4-2000-15-У3	2000	2360	15	(380) 400 (415)	3000×1200×2300	5200
СН 53-0,4-2000-20-У3	2000	2500	20	(380) 400 (415)	4000×1800×2300	6000
СН 53-0,4-2500-15-У3	2500	2950	15	(380) 400 (415)	4000×1800×2300	6000
СН 53-0,4-2500-20-У3	2500	3150	20	(380) 400 (415)	4000×1800×2300	6500
СН 53-0,4-3150-15-У3	3150	3720	15	(380) 400 (415)	4000×1800×2300	6500
СН 53-0,4-3150-20-У3	3150	4000	20	(380) 400 (415)	5000×2000×2500	7100
СН 53-0,4-4000-15-У3	4000	4720	15	(380) 400 (415)	5000×2000×2500	7100
СН 53-0,4-4000-20-У3	4000	5000	20	(380) 400 (415)	5000×2000×2500	8200

30.20.32. Стабилизаторы напряжения однофазные типа СН 51

Однофазные стабилизаторы напряжения переменного тока типа СН 51 предназначены для обеспечения качественного электропитания бытовых и промышленных потребителей при условии кратковременного и длительного отклонения напряжения электросети от номинального.

Таблица 3.20.31. **Технические характеристики однофазных стабилизаторов типа СН 51**

Тип	Мощность, кВт	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 51-0,22-1-25-У3	1	25	220	210 × 385 × 195	13
СН 51-0,22-2-20-У3	2	20	220	210 × 385 × 195	17
СН 51-0,22-2,5-15-У3	2,5	15	220	210 × 385 × 195	17
СН 51-0,22-4-20-У3	4	20	220	275 × 425 × 260	23

Тип	Мощность, кВт	Предельное отклонение входного напряжения, %	Номинальное выходное напряжение, В	Габариты, мм	Масса, кг
СН 51-0,22-5-15-У3	5	15	220	275 × 425 × 260	23
СН 51-0,22-5,5-20-У3	5,5	20	220	275 × 425 × 260	30
СН 51-0,22-7-15-У3	7	15	220	275 × 425 × 260	30
СН 51-0,22-7,5-20-У3	7,5	20	220	300 × 565 × 280	36
СН 51-0,22-10-15-У3	10	15	220	300 × 565 × 280	36
СН 51-0,22-10-20-У3	10	20	220	300 × 565 × 280	45
СН 51-0,22-15-15-У3	15	15	220	300 × 565 × 280	45

Все стабилизаторы типа СН 51 и СН 53 обладают предельно широким диапазоном входного напряжения и высокой точностью стабилизации выходного напряжения — 1 %, цифровой индикацией параметров сети, возможностью дистанционного управления, изготовлены для встраивания в системы электроснабжения жилых зданий, промышленных и бытовых учреждений, предприятий торговли, банковских и медицинских учреждений.

Производитель: АО "Электроинтер" (г. Серпухов)

3.20.33. Измерительные трансформаторы тока и напряжения

Таблица 3.20.32. **Трансформаторы тока с классом точности 0,2÷0,5 и ниже**

Тип	Класс напряжения, кВ	Нормальный первичный ток, А
ТОЛ 10	10	От 300 до 1500
ТОЛ 10-1	10	От 5 до 1500
ТПЛ 10 М	10	От 5 до 400
ТОЛ-35-III-II	35	От 15 до 2000
ТОЛ-35-III-III	35	От 500 до 3000
ТПОЛ 10	10	От 20 до 2000
ТЛШ 10	10	От 1000 до 5000
ТЛШ-10-I	10	От 1000 до 3000
ТШЛ 10	10	От 2000 до 5000
ТОЛК	6 или 10	От 50 до 600
ТШЛ 0.66	0,66	От 2000 до 5000
ТНШ 0.66	0,66	15000, 25000

Тип	Класс напряжения, кВ	Нормальный первичный ток, А
ТНШЛ 0.66	0,66	От 800 до 10000
ТПЛ	20 или 35	От 300 до 1500
ТШЛП 10	10	1000, 2000
ТШЛ 20	20	От 6000 до 12000
ТОП 0.66	0,66	От 1 до 200
ТШП 0.66	0,66	От 300 до 2000
Производитель: ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока.		

Таблица 3.20.33. **Защитные трансформаторы тока нулевой последовательности**

Тип	Класс напряжения, кВ	Ток чувствительности
ТЗЛМ	0,66	8,5
ТЗРЛ	0,66	25
ТЗЛ 1	0,66	7
ТЗЛЭ-125УХЛ	0,66	2,8
ТЗЗ-2	0,66	3
ТЗЗ-4	0,66	3
Производитель: ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока".		

Таблица 3.20.34. **Трансформаторы тока специального конструтивного исполнения**

Тип	Класс напряжения, кВ	Номинальный ток обмоток, А	
		Первичной	Вторичной
ТЛ 10	10	От 50 до 3000	2,5 или 5
ТПЛК	10	От 10 до 1500	5
ТЛК 35	35	От 200 до 1500	5
ТВ 10-I	10	6000	5
ТВ 10-II	10	5000, 6000	5
ТВ 10-III	10	6000	5
ТВ 10-IV	10	8000	5
ТВ 35-I	35	От 75 до 1500	5
ТВ 35-II	35	От 50 до 600	5
ТВ 35-III	35	От 75 до 1500	5
ТВ 35-IV	35	От 600 до 3000	1 или 5

Тип	Класс напряжения, кВ	Номинальный ток обмоток, А	
		Первичной	Вторичной
ТВ 35-V	35	От 100 до 2000	5
ТВ 110-I	110	От 75 до 1000	5
ТВ 110-II	110	От 75 до 2000	5
ТВ 110-III	110	От 100 до 3000	1 или 5
ТВ 110-IV	110	От 100 до 3000	1 или 5
ТВ 110-V	110	2000	5
ТВ 220-I	220	От 200 до 2000	5
ТВ 220-II	220	От 600 до 2000	1 или 5
ТВ 220-III	220	От 100 до 3000	5
ТВ 220-IV	220	От 1000 до 2000	5
ТВ 220-V	220	От 600 до 2000	5
ТВ 220-VI	220	2000	5
Производитель: ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока".			

Таблица 3.20.35. **Измерительные трансформаторы напряжения типов НОЛ, ЗНОЛ, НОЛП, ЗНОЛП, ЗНОЛЭ**

Тип	Напряжение обмоток		
	Первичной, кВ	Вторичной, В	Дополнительной, В
НОЛ.08	От 3 до 11	100	—
НОЛ.11	6	100	—
НОЛП	От 6 до 11	100	—
НОЛ.12	От 0,38 до 10	100	—
ЗНОЛ.06	От $3/\sqrt{3}$ до $27/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100, 100/3
ЗНОЛ-6(10)-III	От $6/\sqrt{3}$ до $10{,}5/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100, 100/3
ЗНОЛП	От $6/\sqrt{3}$ до $11/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100, 100/3
ЗНОЛЭ-35	$35/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3
ЗНОЛЭ-35	27,5	100	127
ЗНОЛЭ-35	$27/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100
Производитель: ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока".			

3. 20.34. Краткая техническая характеристика некоторых типов КРУ, КСО, шкафов и выкатных элементов

Таблица 3.20.36. **Краткая техническая характеристика КРУ, КСО, выкатных элементов и шкафов**

Наименование изделий	Назначение	Значение параметров			
		$I_{ном}$ главных цепей	$I_{откл.ном}$ выключателя	Ток эл. динамической стойкости	Габариты ширина × глубина × высота
		А	кА	кА	мм
Комплектные распределительные устройства (КРУ) 6 (10) кВ					
КРУ комплектуются релейными шкафами с микропроцессорными (SPAC, БМРЗ) или электромеханическими устройствами РЗиА. Возможна установка масляных, вакуумных или элегазовых выключателей любых отечественных и зарубежных производителей.					
Двухстороннего обслуживания:					
серии К-104М	Для приема и распределения электроэнергии в РУ 6 (10) кВ на объектах электроснабжения	400 630 1000 1250 1600	16 20 31,5 40 50	10 50 80 128	750 × 1320 × 2230 (с элегазовым выключателем: 750 × 1435 × 2230)
серии К-105	Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-104М	2000 3150	25 31,5 40 50	80 128	1125 × 1450 × 2340 (с элегазовым выключателем: 1000 × 1410 × 2340)
Одностороннего обслуживания:					
серии К-XXVI	Для приема и распределения электроэнергии в РУ 6 (10) кВ на объектах электроснабжения	630 1000 1600	20 31,5	50 80	900 × 1579 × 2380

Продолжение табл. 3.20.36

Наименование изделий	Назначение	Значение параметров			
		$I_{ном}$ главных цепей	$I_{откл.ном}$ выключателя	Ток эл. динамической стойкости	Габариты ширина × глубина × высота
		А	кА	кА	мм
серии К-XXVII	Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-XXVI	2000 3150	20 31,5	50 80	1350 × 1650 × 2817
Комплектное устройство наружной установки серии К-112	Для секционирования воздушных линий, автоматического ввода резерва, местного резервирования и плавки гололеда	400 630 800	4 6 12,5	10 16 32	Шкаф высоковольтной аппаратуры: 800 × 1090 × 1200 Шкаф управления: 310 × 620 × 1000
Камера сборная одностороннего обслуживания серии КСО-2001-МЭЩ	Для приема и распределения электроэнергии в РУ 6 (10) кВ на объектах электроснабжения	630 1000	12,5 20	32 52	750 × 1340 × 2650
Выкатные элементы	Для модернизации КРУ, находящихся в эксплуатации:				
ВЭТ-10 (6)	— К-X; К-XXI; К-XXV	630			
с элегазовыми,	— К-XII; К-XXVI	800			
вакуумными	— К-IIIУ; К-VIУ	1000	20	50	
или маломасляными	— К-104; К-105	1250	31,5	80	—
выключателями	— КРУ 2-10	1600	40	128	
	— других серий	2000			

Наименование изделий	Назначение	Значение параметров			
		$I_{ном}$ главных цепей	$I_{откл.ном}$ выключателя	Ток эл. динамической стойкости	Габариты ширина × глубина × высота
		А	кА	кА	мм
КРУ 6—10 кВ для газотурбинных электростанций	К-104М-ГТЭС — для газотурбинных электростанций мощностью 2,5 и 4 МВт	630	20	50	—
	К-104М-БГТЭС — для блочных газотурбинных электростанций мощностью 9,5 МВт	630 1000	31,5	80	—
Пофазно-экранированные токо- и шинопроводы					
КРУ специального назначения в габаритах шкафов К-104М:					
Шкафы типа ШЗН — для частичного заземления нейтрали в сетях 6—10 кВ					
Шкафы с R—C цепями — для защиты от перенапряжений в сетях напряжения 6—10 кВ					
Производитель: АО "Мосэлектрощит".					

СВЕДЕНИЯ О СОВРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ (счетчиках, измерительных ТТ и ТН, автоматах, пускателях, НКУ)

ОАО Ставропольский радиозавод

1) **СЭА11** — однофазные счетчики ЭЭ; используются также в автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ); СЭА11-1 — однотарифные; СЭА11-2 — двухтарифные; СЭА11М — однотарифные, малогабаритные; *имеют*: электромеханическое суммирующее устройство, импульсный выход, гальваническую развязку от сети, защиту от хищений ЭЭ, защиту — IP51; устойчивы к перерыву питания; сохраняют работоспособность при провалах напряжения до 127 В; межповерочный интервал — 8 лет; $U_{ном}$ = 220 В; t = −40...+60 °С; класс точности: 2,0; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/65 А; срок службы — 30 лет.

2) **СЭА3** — трехфазные, четырехпроводные счетчики ЭЭ; используются также в АСКУЭ; класс точности: 2,0; $U_{ном}$ = 3 × × 220/380 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/55; 1/8 А; межповерочный интервал — 6 лет; остальные параметры см. п.1

3) **СЭА32** — трехфазные, электронные, многотарифные счетчики; используются также в АСКУЭ; *имеют*: дополнительный интерфейс связи RS-485 для подключения внешних устройств, межповерочный интервал — 10 лет, защиту — IP51; виброустойчивы; t = −10...+45 °С; класс точности: 1,0; $U_{ном}$ = 3 × 220/380; 3 × 380; 3 × 100 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/50; 5/10 А; *обеспечивают*: сезонную смену тарифов, ежедневную и ежемесячную фиксацию электропотребления с хранением в течение месяца; фиксацию потребления ЭЭ на первое число месяца (хранение информации — четыре месяца), определение получасовой активной мощности в течение двух месяцев, фиксацию даты и времени возникновения максимума мощности и др.; сохраняют информацию при перерывах питания.

4) **СЭ3000** — трехфазные, многотарифные счетчики ЭЭ; измеряют активную и реактивную ЭЭ и мощность в трех- и четырехпроводных цепях переменного тока; используются также в АСКУЭ; $U_{ном}$ = 57,7; 220 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 1/1,5; 5/7,5 А; класс точности: 0,2S (0,5S); межповерочный интервал — 6 лет; срок службы — 24 года; средняя наработка на отказ — 50000 час; виброустойчивы; *обеспечивают учет и вывод на индикацию*: количества потребленной и отпущенной ЭЭ нарастающим итогом; то же за текущие сутки и месяцы; сохраняют информацию не менее 10 лет; а ход часов и ведение календаря — не менее 1 года при отсутствии внешнего питания и др.

5) **«ПОТОК-1»** (АСКУЭ) — аппаратно-программные комплексы для измерения активной и реактивной мощности и ЭЭ на небольших энергообъектах (ЭС, ПС, многоквартирные жилые дома); обслуживают от 16 до 128 каналов учета; t = 5...50 °С; *имеют* защиту от несанкционированного доступа; средняя наработка до отказа — 20000 час; количество подключаемых УСД: 1—8; длина линии связи счетчиков с УСД не более 3 км; сохраняют информацию при перерыве питания до 10000 ч; емкость ППЗУ и ПЗУ по 128 Кбайт; *обеспечивают*: сбор, обработку, хранение, отображение и передачу информации о потребляемой ЭЭ и мощности на терминалы станций АСКУЭ; учет ЭЭ по дифференцированным тарифам и др. (УСД — устройство сбора данных).

6) **«ПОТОК-2»** (АСКУЭ) — измерительно-вычислительные комплексы для установки на больших энергообъектах, крупных промышленных предприятиях и организациях, потребляющих и поставляющих ЭЭ в городские микрорайоны, города, населенные пункты; для измерения активной и реактивной мощности и ЭЭ; средняя наработка на отказ — 30000 час; обслуживают от 16 до 256 каналов учета, *обеспечивают*: сбор, обработку, хранение, отображение и передачу информации о потребляемой ЭЭ и мощности на терминалы станций АСКУЭ; учет ЭЭ по дифференцированным тарифам; передачу данных на верхний уровень АСКУЭ и др.

ОАО «МЭТЗ» (г. Мытищи)

В табл. П1 приведены технические параметры электронных счетчиков ЭЭ типов СОЭ, СЭТ, ЦЭ. Ниже даны дополнения к этой таблице.

Таблица П1

Технические параметры электронных счетчиков ЭЭ типов СОЭ, СЭТ, ЦЭ6807**

Тип	Вид энергии (акт. — A; реакт. — R); класс точности	$I_{ном}$ — I_{max}, А	$U_{ном}$, В	Кол-во тарифов	Диапазон рабочих температур, °С	Кол-во направлений учета
ЦЭ6807Б-1	А-2,0	5—50	220	1	−45; +60	1
ЦЭ6807Б-1м	А-2,0	5—50	220	1	−45; +60	1
ЦЭ6807Б-2	А-2,0	5—50	220	2*	−45; +60	1
ЦЭ6807Ш1-2	А-2,0	5—50	220	1	−45; +60	1
ЦЭ6807Ш1-2А	А-2,0	5—50	220	1	−45; +60	1
СОЭТ-1	А-2,0	5—50	220	4 внутр.	−20; +50	1
СЭТ4-1	А-2,0	5—60	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-1м	А-2,0	5—60	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-1/1	А-2,0	5—7,5	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-1/1м	А-2,0	5—7,5	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-1/2	А-2,0	10—100	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-1/2м	А-2,0	10—100	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4-2	А-2,0	5—60	380/220	2*	−40; +60	1
СЭТ4-2/1	А-2,0	5—7,5	380/220	2*	−40; +60	1
СЭТ4-2/2	А-2,0	10—100	380/220	2*	−40; +60	1
СЭТА-1	А-0,5	1—1,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТА-1/1	А-0,5	5—7,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТА-1/2	А-1,0	1—1,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТА-1/3	А-1,0	5—7,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТА-2	А-0,5	5—7,5	100/57,7	2*	−40; +50	1
СЭТА-2/1	А-1,0	5—7,5	100/57,7	2*	−40; +50	1

Тип	Вид энергии (акт. — А; реакт. — R); класс точности	$I_{ном}$ — I_{max}, А	$U_{ном}$, В	Кол-во тарифов	Диапазон рабочих температур, °С	Кол-во направлений учета
СЭТАР-1/1	А-1,0 R-2,0	5—7,5	100/57,7	1	−40; +60	1
СЭТР-1	R-1,0	1—1,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТР-1/1	R-1,0	5—7,5	100/57,7	1	−40; +50	1
СЭТ4Р-1	R-2,0	5—60	380/220	1	−40; +60	1
СЭТ4Р-1/1	R-2,0	5—7,5	380/220	1	−40; +60	1
СЭТРП-1	R-1,0	1—1,5	100/57,7	1	−40; +50	2
СЭТРП-1/1	R-1,0	5—7,5	100/57,7	1	−40; +50	2
СЭТАП 01	А-1,0	1—1,5	100/57,7	1	−40; +50	2
СЭТАП 02	А-1,0	5—7,5	100/57,7	1	−40; +50	2
СЭТАМ005	А-1,0	5—7,5	100/57,7	3 внутр.	−40; +45	1
СЭТАМ005-01	А-1,0	5—7,5	380/220	3 внутр.	−40; +45	1
СЭТАМ005-02	А-2,0	5—50	380/220	3 внутр.	−40; +45	1
СЭТАМ005-03	А-2,0	10—100	380/220	3 внутр.	−40; +45	1
УПТ-12/100 (обслуживает до 256 счетчиков)						

* Счетчики ЭЭ не имеют внутреннего тарификатора; для переключения тарифов необходимо УПТ-12/100.

** Гарантийный срок эксплуатации всех счетчиков ЭЭ — 3 года. Межповерочный интервал: для однофазных счетчиков — 16 лет; для трехфазных — 6 лет.

1) **СОЭТ-1** — однофазные, четырехтарифные счетчики акт. ЭЭ; класс точности: 2,0 (А-2,0); применяются в двухпроводных сетях переменного тока; сохраняют информацию при отключении питания до 10 лет; $t = -20...+50$ °С; срок службы не менее 24 лет.

2) **ЦЭ 6807Б** — однофазные бытовые счетчики ЭЭ; *имеют* импульсный выход для основного и испытательного режимов; двухтарифные счетчики ЭЭ устанавливают в многоквартирных жилых домах, оборудованных АСКУЭ.

3) **ЦЭ6807Б-1М, ЦЭ6807Ш1-2** — имеют повышенную устойчивость к вибрациям и магнитным воздействиям, а также повышенную степень защиты от хищений ЭЭ, высокую надежность и долговечность.

4) **СЭТАМ** — трехфазные счетчики активной ЭЭ в трех- и четырехпроводных сетях переменного тока; применяются в системах авт. учета ЭЭ небольших предприятий, коттеджах, а также в качестве многофункциональных датчиков для больших систем; имеют ЖКИ; остальные параметры см. п. 3.

5) **СЭТА** — трехфазные, трансформаторные, универсальные счетчики ЭЭ; выполнены на интегральных схемах; остальные данные см. п. 3.

6) **СЭТ4-1** — трехфазные счетчики ЭЭ, применяются для промышленных и бытовых потребителей; остальные данные см. п. 3.

Государственный Рязанский приборный завод

В табл. П2 приведены технические параметры счетчиков ЭЭ типа СЭТ. Ниже даны дополнения к этой таблице.

1) **СЭТ3** — трехфазные счетчики ЭЭ для учета активной и реактивной ЭЭ в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях; используются в качестве телеметрических датчиков мощности в информационно-измерительных системах автоматического учета электропотребления.

2) *Счетчики обеспечивают*: раздельный учет ЭЭ по одному или двум временным тарифам; раздельный учет расхода и прихода активной энергии; раздельный учет индуктивной и емкостной реактивной энергии; одновременный учет активной и реактивной энергии.

Таблица П2

Технические параметры счетчиков ЭЭ типа СЭТ

Тип	$U_{ном}$, В	$I_{ном} - I_{max}$, А	Класс точности, %	Передаточное число ***A*** основного передающего устройства, имп./кВт·ч (имп./квар·ч)	Передаточное число ***B*** поверочного выхода (имп./квар·ч)	Единица младшего разряда кВт · ч (квар·ч)	Единица старшего разряда кВт · ч (квар·ч)
ТРЕХФАЗНЫЕ							
Активной энергии							
СЭТ3а-01-00 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3а-01-01 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3а-01-02 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3а-02-03 (Г)	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3а-02-04 (Г)	380/220	5—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3а-02-05 (Г)	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3а-02-05М	380/220	5—65	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3а-02-06 (Г)	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
Реактивной энергии							
СЭТ3р-01-07 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3р-01-08 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-01-09 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-02-10 (Г)	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3р-02-11 (Г)	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3р-02-12 (Г)	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
Двухтарифные активной энергии							
СЭТ3а-01Т-13 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3

Тип	$U_{ном}$, В	$I_{ном} - I_{max}$, А	Класс точности, %	Передаточное число ***A*** основного передающего устройства, имп./кВт·ч (имп./квар·ч)	Передаточное число ***B*** поверочного выхода (имп./квар·ч)	Единица младшего разряда кВт · ч (квар·ч)	Единица старшего разряда кВт · ч (квар·ч)
СЭТ3а-01Т-14 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3а-01Т-15 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3а-02Т-16 (Г)	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3а-02Т-17 (Г)	380/220	5—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3а-02Т-18 (Г)	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3а-02Т-19 (Г)	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
Двухтарифные реактивной энергии							
СЭТ3р-01Т-20 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3р-01Т-21 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-01Т-22 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-02Т-23 (Г)	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3р-02Т-24 (Г)	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3р-02Т-25 (Г)	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
Перетоковые							
СЭТ3а-01П-26 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3а-01П-27 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3а-01П-28 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-01П-29 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3р-01П-30 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-01П-31 (Г)	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4

Тип	$U_{ном}$, В	$I_{ном} - I_{max}$, А	Класс точности, %	Передаточное число ***A*** основного передающего устройства, имп./кВт·ч (имп./квар·ч)	Передаточное число ***B*** поверочного выхода (имп./квар·ч)	Единица младшего разряда кВт · ч (квар·ч)	Единица старшего разряда кВт · ч (квар·ч)
СЭТ3р-02П-32 (Г)	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3р-02П-33 (Г)	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3р-02П-34 (Г)	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
Активно-реактивные							
СЭТ3р-01-07А	$100/100/\sqrt{3}$	1—1,5	0,5	10000	5120000	0,001	10^3
СЭТ3р-01-08А	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	0,5	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-01-09А	$100/100/\sqrt{3}$	5—7,5	1,0	2000	1024000	0,01	10^4
СЭТ3р-02-10А	380/220	1—6	1,0	1000	512000	0,01	10^4
СЭТ3р-02-11А	380/220	5—50	2,0	100	51200	0,1	10^5
СЭТ3р-02-12А	380/220	10—50	1,0	100	51200	0,1	10^5
ОДНОФАЗНЫЕ							
СЭТ1-1	220	5—50	2,0	3200	—	0,1	10^5
СЭТ1-2	220	5—50	2,0	3200	—	0,1	10^5
СЭТ1-4А; СЭТ1-4А.2	220	5—50	4 тарифа, 6 временных зон, летнее и зимнее время; индикация: месяц, день, час., мин.; внутренняя коррекция хода часов, вывод на ПЭВМ				
Адаптер и программное обеспечение к счетчику СЭТ1-4А (СЭТ1-4А.2)							

Примечание: Тип счетчика: **а** — для учета активной энергии, **р** — для учета реактивной энергии, **Т** — двухтарифные, **П** — для учета прихода-расхода энергии, **А** — для одновременного учета активной и реактивной энергии, **М** — модернизированный, **Г** — исполнение с дополнительным, гальванически развязанным выходом.

3) Рабочая t = −35...+55 °C; межповерочный интервал — 6 лет; средняя наработка на отказ — 54000 час; средний срок службы — 30 лет.

4) **СЭТ1** — однофазные счетчики ЭЭ для учета активной ЭЭ в однофазных двухпроводных сетях переменного тока; выпускают одно- и многотарифные счетчики ЭЭ; используются также в АСКУЭ; обеспечивают: раздельный учет ЭЭ по тарифам, временным зонам суток и интервалам; автоматический переход на «летнее» и «зимнее» время; вывод информации на ПЭВМ; имеют защиту от несанкционированного доступа и индикацию предупреждения о необходимости платы.

ФГУП НПП «Контакт» (г. Саратов)

Все счетчики — электронные; применяются для коммерческого учета активной ЭЭ в одно- и трехфазных сетях; работают автономно и в составе АСКУЭ.

В табл. П3 приведены технические параметры счетчиков ЭЭ, а ниже даны дополнения к этой таблице.

Таблица П3

Технические параметры счетчиков ЭЭ типов СОЭ и СТЭК

Параметры	Типы счетчиков			
	СОЭ-1ПТ	СОЭ-2Т	СОЭ-4Т	СТЭК-1
Число тарифов	1	2	до 4	до 8
Класс точности	2	1 или 2	1	1(2)*
Номинальный ток, А	5 или 20	5 или 20	5	5
Максимальный ток, А	60	60	50	7,5(50)*
Номинальное напряжение, В	220	220	220	3 × 220/380
Цена младшего разряда счетного механизма, кВт/ч	1	0,001	0,001	0,1
Цена старшего разряда, кВт/ч	100000	10000	10000	10000
Полная потребляемая мощность в цепи напряжения, не более ВА	10	10	10	2**

Параметры	Типы счетчиков			
	СОЭ-1ПТ	СОЭ-2Т	СОЭ-4Т	СТЭК-1
Активная потребляемая мощность в цепи напряжения, не более, Вт	2	2	1	0,3**
Полная потребляемая мощность в цепи тока, не более, ВА	2,5	2,5	2,5	0,5**
Диапазон рабочих температур, °С	−20...+55	−20...+55	−20...+55	−20...+55
Межповерочный интервал, лет	16	8 или 16	8	8(16)*

* — в скобках указаны характеристики трехфазного счетчика прямого включения.
** — параметры указаны для каждой цепи тока или напряжения.

1) **СОЭ-1ПТ** — однофазные счетчики ЭЭ; имеют механическое отсчетное устройство; СОЭ-2Т, СОЭ-4Т — имеют ЖКИ, телеметрический выход.

2) **СТЭК-1** — трехфазные счетчики.

3) Все счетчики ЭЭ — виброустойчивы, высоконадежны, долговечны, срок их службы не менее 32 лет.

ЗАО «Нижегородская энергетическая сервисная компания»

НЭС — трехфазные счетчики полной ЭЭ; класс точности: 0,5S/1; имеют тарифное расписание на каждый месяц и праздничные дни; измеряют активно-реактивную ЭЭ и мощность, текущие значения активной и реактивной средней мощности; активную, реактивную и полную мгновенную мощность по фазам и суммарную; фазные напряжения, токи, частоту сети и cosφ; управляют фидерами при превышении установленного лимита мощности.

ОАО «Чебоксарский электроаппаратный завод»

ЦЭ-2706 — многотарифные, электронные, однофазные счетчики ЭЭ; $U_{\text{ном}}$ = 220 В; $I_{\text{ном}}/I_{max}$ = 5/50 А; класс точности: 1,0;

2,0; межповерочный интервал — 10 лет; срок службы — 30 лет; измеряют активную мощность; имеют энергонезависимую память; ЖКИ; $t = -20...+50$ °C; влаго-, пылезащитные.

ОАО «ЛЭМЗ» (г. Санкт-Петербург)

1) **«СОЛО»** — электронные, однофазные, однотарифные счетчики ЭЭ; класс точности: 1,0; 2,0; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/60; 10/80; 10/100 А; $t = -40...+55$ °C; $U_{ном}$ = 220 В; имеют электромеханический счетный механизм; межповерочный интервал — 16 лет; срок службы — 30 лет.

2) **«ТРИО»** — электронные, трехфазные, однотарифные счетчики для учета активной, реактивной и активно-реактивной ЭЭ; класс точности: 1,0; 2,0; используются также в АСКУЭ; обладают варисторной защитой от коммутационных перенапряжений и грозовых разрядов; $U_{ном}$ = 220/380; 380; 57,7/100; 100 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 1/2; 5/10; 5/50; 10/100 А; срок службы — 30 лет.

3) **«МЕРКУРИЙ-200»** — электронные, однофазные, многотарифные счетчики ЭЭ; класс точности: 2,0; $U_{ном}$ = 220 В; $I_{ном}/I_{max}$ = = 5/50 А.

4) **«МЕРКУРИЙ-201»** — то же, что и «Меркурий-200», но класс точности: 1,0; 2,0; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/50; 10/80 А.

5) **ЦЭ2726** — то же, что и «Меркурий-200», но класс точности: 1,0.

6) **ЦЭ-2727** — электронные, трехфазные, многотарифные счетчики ЭЭ; класс точности: 1,0; $U_{ном}$ = 3 × 57,7; 3 × 100; 3 × 380; 3 × 220/380 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 1/2; 5/10; 5/50; 10/100 А.

7) **«МЕРКУРИЙ-230»** — электронные, трехфазные, многотарифные счетчики ЭЭ; измеряют активную и реактивную ЭЭ; класс точности: 0,5; 1,0; $U_{ном}$ = 3 × 57,7/100; 3 × 220/380 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 5/7,5; 5/50; 10/100 А.

8) **«СКВТ-Д621»** — счетчики киловатт-часов постоянного тока; класс точности: 2,5; $U_{ном}$ = 1500; 3000 В; $I_{ном}/I_{max}$ = 300; 750; 500 А.

9) **«ПОЛИТАРИФ»** — автоматизированные системы контроля и учета энергоносителей; для технического учета энергоносителей (сбор информации по телеметрическим каналам).

10) **«ПОЛИТАРИФ-А»** — для коммерческого учета ЭЭ (сбор информации по силовым сетям 0,4 кВ).

11) **«БАЛТИКА-ЕЭС»** — для коммерческого учета ЭЭ (сбор информации по телефонным линиям, по радиоканалу, по сети GSM).

ОАО «Энергоучет» (г. Санкт-Петербург)

ЦЭ2736 — однофазные, электронные счетчики ЭЭ для измерения и учета активной ЭЭ в однофазных сетях переменного тока в быту и передачи телеметрической информации в АСКУЭ; класс точности: 1,0; 2,0; $U_{\text{ном}} = 220$ В; $I_{\text{ном}}/I_{\max} = 5/40$ А; $t = -30...50$ °С; межповерочный интервал — 16 лет.

ООО «Симбирское электротехническое общество» (г. Ульяновск)

1) **СО-ИБМ** — однофазные, электромеханические счетчики; $I_{\text{ном}}/I_{\max} = 5/20$; 5/30; 10/40; 10/60 А; $U_{\text{ном}} = 220$ В; класс точности: 2,0; межповерочный интервал — 16 лет; срок службы — 32 года; $t = -20...+50$ °С; (для однофазных и трехфазных счетчиков прямого включения); $t = 0...40$ °С (для трехфазных счетчиков трансформаторного включения).

2) **САЧ-ИБ60; САЧУ-ИТ12** — трехфазные, электромеханические счетчики; $I_{\text{ном}}/I_{\max} = 10/60$; 5/6,25 А; $U_{\text{ном}} = 380/220$ В; межповерочный интервал — 8 лет; срок службы — 32 года; остальные данные: см. п.1.

ОАО «ЭЛАКС» (г. Зеленоград)

«ЭСчТМ201» — однофазные счетчики для учета потребленной ЭЭ в прямом и обратном направлениях тока; $I_{\text{ном}}/I_{\max} = 5/50$ А; $t = -20...+55$ °С; класс точности: 2,0; межповерочный интервал — 16 лет; срок службы — 24 года; используются также в АСКУЭ.

Концерн «Энергомера» (г. Ставрополь)

1) Счетчики ЭЭ многофункциональные, четырехтарифные, микропроцессорные:

а) **ЦЭ 6850** — измеряют активную и реактивную ЭЭ и мощность в двух направлениях в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока; коммерческий учет межсистемных перетоков, выработки, распределения и потребления ЭЭ в ЭС, на сетевых и промышленных предприятиях; регистрация суточных графиков получасовых мощностей (хранение до 45 суток); имеют

энергонезависимую память; измеряют мгновенные значения *u*, *i*, *f*, cosφ.

б) ЦЭ 6822, ЦЭ6823М — измеряют активную ЭЭ и мощность в трехфазных сетях переменного тока; учет мощности в региональных, территориальных сетевых и промышленных предприятиях, в жилищно-коммунальной сфере; коммерческий учет межсистемных перетоков; имеют энергонезависимую память; регистрация суточных графиков получасовых мощностей (хранение до 124 суток). Остальные параметры приведены в табл. П4.

Таблица П4

Технические параметры счетчиков ЭЭ типа ЦЭ6850, ЦЭ6822, ЦЭ6823М

Параметры	Тип счетчиков		
	ЦЭ 6850	ЦЭ 6822	ЦЭ 6823М
Класс точности	0,5; 1,0	1,0; 2,0	0,5; 1,0; 2,0
$I_{ном}(I_{max})$, А	1 (1,5); 5 (7,5)	5 (50); 10 (100)	1 (1,5); 5 (7,5)
$U_{ном}$, В	3 × 57,7 (3 × 100) 3 × 220 (380)	3 × 220 (380)	3 × 57,7 (3 × 100) 3 × 220 (380)

2) Счетчики ЭЭ региональных и территориальных ЭС:

а) **ЦЭ6808В** — измеряют активную ЭЭ по одному тарифу в трех- и четырехпроводных цепях (сетях) переменного тока через измерительные трансформаторы; технический и коммерческий учет межсистемных перетоков ЭЭ; измерение мощности в ЭС любого уровня.

б) **ЦЭ6805В** — измеряют и учитывают ЭЭ в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока по одному тарифу через измерительные трансформаторы; технический и коммерческий учет выработки и использования ЭЭ; измерение потоков мощности в ЭС.

в) **Ф68700В** — измеряют и учитывают ЭЭ в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока по одному тарифу через измерительные трансформаторы; технический и коммерче-

ский учет передачи и потребления ЭЭ; измерение мощности на сетевых и промышленных предприятиях.

г) **ЦЭ6803В** — однотарифный или двухтарифный учет активной ЭЭ в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока, непосредственно или через измерительные трансформаторы; технический и коммерческий учет потребления ЭЭ в промышленном и бытовом секторах. Остальные параметры даны в табл. П5.

Таблица П5

Технические параметры счетчиков электроэнергии типов ЦЭ6808В, ЦЭ6805, Ф68700В, ЦЭ6803В

Параметры	Тип счетчика			
	ЦЭ6808В	ЦЭ6805	Ф68700В	ЦЭ6803В
Класс точности	0,2	0,5	1,0	2,0
$I_{ном}(I_{max})$, А	1 (1,2); 5 (6)	1 (1,5); 5 (7,5)	1 (1,5); 1 (10); 5 (7,5); 5 (100)	1 (7,5); 5 (50); 10 (100)
$U_{ном}$, В	3 × 57,5 (3 × 100)	3 × 57,5 (3 × 100)	3 × 127 (220) 3 × 220 (380) 3 × 57,5 (3 × 100)	3 × 57,5 (3 × 100) 3 × 220 (380)

3) Счетчики реактивной ЭЭ:

а) **ЦЭ6811** — измерение и учет потоков реактивной ЭЭ непосредственно или через измерительные трансформаторы; коммерческий учет межсистемных перетоков реактивной ЭЭ; измерение реактивной мощности в составе АСУЭ.

б) **ЦЭ6812** — измерение и учет активной и реактивной ЭЭ в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока, непосредственно или через измерительные трансформаторы; технический и коммерческий учет генерации и потребления активно-реактивной ЭЭ. Измерение активно-реактивной мощности на сетевых и промышленных предприятиях.

В табл. П6 приведены технические параметры счетчиков ЭЭ типов ЦЭ6811 и ЦЭ6812.

Таблица П6

Технические параметры счетчиков реактивной энергии

Параметры	Тип счетчика	
	ЦЭ6811	ЦЭ6812
Класс точности (акт/реакт)	1,0	0,5/0,5; 1,0/1,0; 2,0/2,0
$I_{ном}/I_{max}$, А	1/1,5; 5/7, 5	1/1,5; 5/7, 5; 5/50; 5/100
$U_{ном}$, В	3 × 57,5 (3 × 100)	3 × 220 (380) 3 × 57,5 (3 × 100) 3 × 127 (3 × 220)

4) Счетчики ЭЭ бытового назначения:

а) **ЦЭ6827, ЦЭ6827М** — измерение активной ЭЭ в однофазных цепях переменного тока и организация расчетного учета ее по двум тарифам (ЦЭ6827) и четырем тарифам (ЦЭ6827М); учет ЭЭ в бытовой сфере; энергонезависимая память; возможность передачи данных на ЭВМ.

б) **ЦЭ6828** — измерение активной ЭЭ и организация расчетного учета по двум тарифам в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока, непосредственно или через измерительные трансформаторы; учет ЭЭ в промышленном и бытовом секторах при питании потребителей от трехфазной сети; энергонезависимая память; возможность передачи данных на ЭВМ.

в) **ЦЭ6807Б** — однотарифный или двухтарифный учет ЭЭ в однофазных цепях переменного тока; учет ЭЭ в жилых и общественных зданиях, коттеджах, дачах, гаражах, а также в промышленных зданиях при питании потребителей от однофазной сети.

В табл. П7 приведены технические данные счетчиков ЭЭ типов ЦЭ6827, ЦЭ6827М, ЦЭ6828, ЦЭ6807Б.

Таблица П7

Технические параметры счетчиков электроэнергии бытового назначения

Параметры	Тип счетчика		
	ЦЭ 6827(М)	ЦЭ 6828	ЦЭ 6807Б
Класс точности	2,0	2,0	1,0; 2,0
$I_{ном}(I_{max})$, А	5/60	1/75; 5/50; 10/100	5/50; 5/60
$U_{ном}$, В	220	3 × 220 (380)	220

5) Эталонные счетчики «Энергомера СЕ601» — для поверки и калибровки однофазных рабочих электронных и индукционных счетчиков ЭЭ в производственных условиях, а также для контроля режимов измерительной цепи; метрологические характеристики рабочих счетчиков контролируются без разрыва токовой цепи; позволяют выявить факты недоучета и хищений различными способами ЭЭ в однофазных и трехфазных цепях переменного тока.

ООО «Электронприбор» (г. Воронеж)

ПЦ6806 — цифровые измерительные преобразователи предназначены для измерения активной и реактивной ЭЭ (потребленной и возвращенной), тока, напряжения, активной и реактивной мощности по каждой фазе, частоты сети; для технического и коммерческого учета ЭЭ в составе АСКУЭ; выполняют функции: ТУ, ТС; ПЦ6806-17 дополнительно: распределяют ЭЭ по 12 тарифным зонам, передают усредненную мощность за заданный интервал времени, фиксируют максимальную мощность в каждой тарифной зоне, автоматически переходят на летнее и зимнее время, архивируют параметры и события с отметками реального времени.

ООО «Эльстер Метроника» (г. Москва)

ЕвроАльфа (ЕА) — многофункциональные счетчики ЭЭ классов точности 0,2S; 0,5S; 1,0; 2,0; для учета активной и реактивной ЭЭ в цепях переменного тока в одно- и многотарифных режимах, а также в составе АСКУЭ для передачи измеренных или вычисленных параметров на диспетчерский пункт по контролю, учету и распределению ЭЭ. В табл. П8 приведены основные параметры этих счетчиков электроэнергии.

Таблица П8

Основные технические характеристики счетчиков ЭЭ типа ЕА

Характеристика	Модификация счетчиков ЕвроАльфа				Примечание
	ЕА20	ЕА10	ЕА05	ЕА02	
Класс точности	2,0	1,0	0,5	0,2	

Характеристика	Модификация счетчиков ЕвроАльфа				Примечание
	EA20	EA10	EA05	EA02	
Номинальный ток, А	5,0	1,0 ÷ 5,0	1,0 ÷ 5,0	1,0 ÷ 5,0	—
Максимальный ток, % от $I_{ном}$	1600	600, 120*	1000, 200*	1000, 200*	*для $I_{ном}$ = 5 А
Порог чувствительности, мА	25	2	1	1	—
Номинальные напряжения, В	3 × 230/400	3 × ×57,7/100 3 × ×230/400 3 × 100	3 × 57,7—230/100—400 3 × 100—400	3 × 57,7—230/100—400 3 × 100—400	По заказу
Потребляемая мощность, не более В · А	4,0	4,0	4,0	4,0	По цепи U
	0,1	0,1	0,1	0,1	По цепи I
Диапазон рабочих температур, °С	от −40 до +70	от −40 до +70	от −40 до +70	от−40 до +70	—
Количество тарифов	1—4	1—4	1—4	1—4	—
Время сохранения информации при отключении питания	5 лет при 25 °С 2 года при 60 °С				

Характеристика	Модификация счетчиков ЕвроАльфа				Примечание
	EA20	EA10	EA05	EA02	
Среднесуточная погрешность по времени:					—
основная	±0,5 с/сут	±0,5 с/сут	±0,5 с/сут	±0,5 с/сут	—
дополнительная	0,15	0,15	0,15	0,15	—
температурная	с/ · с/сут	с/ · с/сут	с/ · с/сут	с/ · с/сут	—
Количество выходов на телеметрию	1	1—8	1—8	1—8	—
Количество индицируемых разрядов	8	8	8	8	—
Внутренняя постоянная счетчика Ke, imp/kWh	5000	50000	50000	50000	См. ниже*
Средняя наработка на отказ, не менее, ч	50000	50000	50000	50000	—
Срок службы, лет	30	30	30	30	
Масса, кг	2,5	2,5	2,5	2,5	
Габаритные размеры, мм	300 × 170 × × 80	300 × 170 × × 80	300 × 170 × × 80	300 × 170 × × 80	

* Расчет пределов относительной погрешности по средней мощности производится по следующей формуле: $\delta m = \delta e + 100\ \%\ (Ke \cdot T \cdot P) + 0{,}05\ \%P$, где δe — предел погрешности по энергии; T — время усреднения (1/60 ÷ 1 ч); P — средняя мощность на счетчике (кВт).

ООО «НПП Электромеханика», г. Воронеж

Преобразователи измерительные цифровые типа ПЦ 6806 предназначены для измерения активной и реактивной энергии в прямом и обратном направлениях (потребленной и возвращенной), тока, напряжения, активной и реактивной мощностей по каждой фазе, частоты сети. Преобразователи применяют для коммерческого и технического учета электроэнергии в составе АСКУЭ.

Технические характеристики преобразователей ПЦ 6806

Номинальный ток, А	1; 5
Номинальное напряжение, В	3 × 57,7; 2 × 100; 3 × 220
Мощность активная (реактивная), Вт (вар)	3 × 57,7; 2 × 100; 3 × 288; 5,2 × × 500; 3 × 100
Схема подключения	Четырехпроводная линия (звезда), трехпроводная линия
Максимальный ток, А	$1{,}2I_{ном}$
Питание, В:	
переменного тока	80 ... 260
постоянного тока	100 ... 300 (от измерительной цепи)
Интерфейс	RS 485
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %:	
по току	±0,5
по напряжению	±0,5
по мощности активной	±0,5
по мощности реактивной	±1,05
Класс точности	0,5
Полная мощность, потребляемая каждой последовательной цепью ПЦ при $I_{ном}$ и $f_{ном}$, В · А	≤ 0,1
Полная мощность, потребляемая каждой параллельной цепью ПЦ при $U_{ном}$ и $f_{ном}$, В · А:	
для счетчиков с питанием от измерительной цепи	≤ 3
для остальных счетчиков	≤ 0,2
Перегрузки ПЦ:	
кратность по току (напряжению)	20 (1,5)
длительность, с	0,5
Средняя наработка на отказ, ч	50000
Средний срок службы, лет, не менее	30
Габариты, мм	130 × 166 × 178
Масса, кг, не более	1,4

Преобразователи ПЦ 6806 являются многофункциональными приборами: помимо указанных выше они выполняют функции ТУ, ТС, индикацию измеренных и вычисленных параметров на встроенном цифровом индикаторе, фиксацию максимальной мощности в каждой тарифной зоне, архивирование параметров и событий с отметками реального времени и др.

ОАО концерн «Энергомера», г. Ставрополь

1. **Комплекс технических средств (КТС) нового поколения** предназначен для автоматизации учета электрической энергии (коммерческого и технического) и мощности на энергоснабжающих и промышленных предприятиях в мелкомоторном и бытовом секторе. КТС состоит из счетчиков электроэнергии, УСПД, программного обеспечения. Технические средства строятся по модульному принципу для обеспечения оптимальной конфигурации в решении конкретных АСКУЭ. В КТС «Энергомера» имеются функции измерения технологических параметров электроэнергии (ток, напряжение в фазах, частота и др.) и телесигнализация.

Предлагаемые решения КТС «Энергомера» позволяют создавать любые АСКУЭ: локальные, региональные, глобальные. Системы учета, построенные на основе КТС «Энергомера», отличаются минимальной стоимостью, способностью к плавному увеличению мощности, высоким качеством функционирования, точностью работы вычислительных устройств, полнотой информации и быстротой доступа к ней.

2. **Эталонный счетчик «Энергомера» СЕ601** представляет собой однофазный портативный прибор, предназначенный для поверки и калибровки однофазных рабочих электронных и индукционных счетчиков электрической энергии по месту их установки, а также для контроля режимов измерительной цепи. Счетчик позволяет линейному персоналу контролирующей организации подключать его без нарушения измерительных цепей поверяемого счетчика и выявлять факты недоучета и хищений различными способами электроэнергии в однофазных и трехфазных цепях переменного тока.

Технические характеристики счетчиков

Диапазон входного напряжения, В	135 ... 270
Диапазон входного тока, А	0,1 ... 100
Диапазон измерения cos φ	–1,0 ... +1,0
Диапазон измерения частоты сети, Гц	47,5 ... 52,5
Диапазон измерения постоянной счетчиков, имп/(кВт·ч)	1 ... 99999
Диапазон измерения относительной погрешности счетчиков, %	–100...+1000% с точностью ±0,5

Количество записанных и сохраняемых протоколов поверки счетчиков	≤ 10 (с числом записей в каждом протоколе до 10)
Потребляемая мощность, В · А	≤ 7
Габариты, мм	230 × 110 × 50
Масса счетчика с принадлежностями, кг	≤ 1

3. **Установка ЦУ 6804** предназначена для автоматической поверки и регулировки электронных и индукционных одно- и трехфазных счетчиков активной электроэнергии классов точности 0,5 и ниже и реактивной электроэнергии классов точности 1,0 и ниже. Она представляет собой малогабаритную и мобильную установку по сравнению с другим оборудованием подобного класса. Наличие последовательного интерфейса RS-232 позволяет управлять установкой с персонального компьютера и систематизировать протоколы поверки в базе данных.

Технические характеристики установки ЦУ 6804

Класс точности при измерении активной мощности (энергии)	0,1
Класс точности при измерении реактивной мощности (энергии)	0,2
Диапазон регулирования выходного тока, А	0,002...10
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	46...288
Количество одновременно поверяемых счетчиков	до 3

4. **Устройства ЦЭ 6806П (с внешними токовыми клещами)** относятся к портативному метрологическому оборудованию и предназначены для поверки и калибровки индукционных и электронных одно- и трехфазных счетчиков активной и реактивной электроэнергии по месту их установки; используются для измерения активной и реактивной мощности классов точности 0,1 и 0,2; для измерения без разрыва токовой цепи посредством внешних токовых клещей (класс точности 0,5). **Устройства ЦЭ 6815** обеспечивают контроль параметров измерительной сети и правильность подключения счетчиков; функционирование от встроенного источника питания; вывод протоколов поверки на термопечатающее устройство.

Технические характеристики устройств ЦЭ6806П и ЦЭ6815

	ЦЭ6806П	ЦЭ6815
Диапазон регулирования входного тока, А	0,005...5	0,01...10
Диапазон регулирования входного напряжения, В	49...460	30...300
Количество одновременно поверяемых счетчиков	1	1
Класс точности при измерении активной (реактивной) мощности и энергии	0,1; 0,2	0,1

ООО «НПП МАРС-ЭНЕРГО», г. Санкт-Петербург

1. **Прибор Энергомонитор 3.3** представляет собой переносной портативный счетчик и анализатор качества электроэнергии в одном приборе. Он предназначен для:

- измерения и регистрации показателей качества электрической энергии (ПКЭ), установленных по ГОСТ 13109—97;
- измерения и регистрации в одно- и трехфазных сетях действующих значений напряжений и токов при синусоидальной и искаженной формах кривых;
- регистрации активной, реактивной и полной мощности и энергии;
- поверки трехфазных и однофазных счетчиков электроэнергии класса точности 0,5 и менее точных на месте эксплуатации, а также контроля правильности их подключения без разрыва токовых цепей;
- поверки измерительных преобразователей напряжения, тока, активной и реактивной мощности на месте их эксплуатации.

Возможности прибора: среднее значение мощности за 30 мин можно увидеть на дисплее прибора прямо на месте проведения измерений; значения коэффициентов несинусоидальности напряжений общие для всех фаз, также как и значения гармонических составляющих; каждые уставки состоят из двух отдельных вариантов для сетей с нейтралью и без нее, отличающихся значением для 3 и 9 гармоник; имеется возможность устанавливать время усреднения измеряемых значений для режимов измерения токов, напряжений и мощностей, также имеется защита от наводок, влияющих на расчет гармонических составляющих сигнала; прибор осуществляет проверку работоспособности трансформаторов тока и напряжения; автоматическую смену активных зон, в которых хранится требующаяся информация.

Кроме того с помощью прибора можно решать следующие задачи:

- измерение полной фактической мощности во вторичной цепи ТН;
- определение погрешности из-за потери (падения) напряжения в линии присоединения счетчика к ТН;
- взаиморасчеты при отсутствии стационарной системы учета;
- инспекционный контроль за выполнением условий присоединения и принятия соответствующих мер к нарушителям;
- периодическая регистрация показателей качества электроэнергии по ГОСТ 13109—97, а также основных электроэнергетических параметров с последующим анализом состояния электрических сетей.

Программный комплекс «Энергомониторинг» прибора «Энергомонитор 3.3» позволяет:

- считывать накопленные архивы результатов поверки счетчиков электроэнергии через последовательный интерфейс RS-232;
- сохранять принятые данные на жестком диске;
- осуществлять просмотр ранее полученных данных в удобной форме;
- создавать протоколы поверки счетчиков электроэнергии, которые могут быть выведены на печать или сохранены в файле на жестком диске;
- выполнять редактирование базы данных счетчиков, записанной в прибор;
- считывать накопленные архивы основных показателей энергопотребления и архивы ПКЭ через последовательный интерфейс RS-232;
- сохранять принятые данные на жестком диске;
- записывать в прибор базы имен объектов, номинальные значения и уставки пользователя по паролю;
- осуществлять просмотр статистики по показателям ПКЭ раздельно для напряжения и тока;
- создавать протоколы качества электроэнергии по ГОСТ 13109—97 и отчеты по динамике изменения значения основных показателей энергопотребления (с возможностью выбора времени усреднения и выводимых параметров), которые могут быть выведены на печать или сохранены в файле на жестком диске;
- сохранять и просматривать информацию об измерительных трансформаторах.

Класс точности прибора — 0,1 (с токоизмерительными клещами — 1,0).

2. **Прибор ПЭМ-02** предназначен для измерения электроэнергетических величин в одно- и трехфазных сетях:

- действующего значения напряжения и переменного тока;
- активной, реактивной и полной мощностей;
- частоты переменного тока;
- угла между напряжением и напряжением, током и током, напряжением и током в каждой фазе;
- коэффициента мощности;
- для проверки правильности подключения трехфазных и однофазных счетчиков электроэнергии к измерительным цепям и правильности их работы на месте их эксплуатации;
- для комплексных испытаний и наладки электрооборудования, схем релейной защиты.

Технические характеристики прибора ПЭМ-02

Диапазон измерения	
напряжения, В	40...400
силы тока, А	0,1...100 (1000) — определяется типом токовых клещей;
Диапазон рабочих температур, °С	–20...+55
Продолжительность работы от встроенных аккумуляторов, ч	4
Класс точности прибора	1,0
Масса прибора, кг	0,5

СВЕДЕНИЯ О СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Измерительные трансформаторы напряжения (ОАО «СЗТТ», г. Свердловск)

Незаземляемые ТН

Технические характеристики ТН типа НОЛ.11-6.05

Класс напряжения, кВ 6

Наибольшее рабочее напряжение, кВ 7,2

Номинальное напряжение обмоток, В:

первичной 6000

вторичной .... 100 и 127

Номинальная мощность для отпайки 100 В в классе точности 3,0 250

Предельная мощность, В · А 500

Схема и группа соединения обмоток .... 1/1—0

Номинальная частота, Гц .... 50 или 60

Масса, кг .... 16 ± 1

Таблица П9. **Технические характеристики ТН серии НОЛ.08**

Наименование параметра	Значение для типов		
	НОЛ.08-3УТ2	НОЛ.08-6УТ2	НОЛ.08-10УТ2
Класс напряжения, кВ	3	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	3,6	7,2	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	3000 3300	6000 6300 6600 6900	10000 11000
Номинальное напряжение вторичной обмотки, В	100		
Номинальная частота, Гц	50 или 60		
Номинальная мощность, В · А, в классе точности:			
0,2*	15	30	50
0,5	30	50	75
1,0	50	75	150
3,0	75	200	300

Наименование параметра	Значение для типов		
	НОЛ.08-3УТ2	НОЛ.08-6УТ2	НОЛ.08-10УТ2
Предельная мощность вне класса точности, В·А	150	400	630
Схема и группа соединения обмоток	1/1—0		

* Высший класс точности 0,2 только для трансформаторов с номинальным напряжением вторичной обмотки 100 В.

Таблица П10. **Технические характеристики ТН типов НОЛП-6 и НОЛП-10**

Наименование параметра	Значение		
	Электромагнитная часть (трансформатор)		Встроенное предохранительное защитное устройство
Класс напряжения, кВ	6	10	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	6000 6300 6600 6900	10000 11000	—
Номинальное напряжение вторичной обмотки, В	100		
Номинальная мощность вторичной обмотки, В · А, в классе точности:			—
0,2*	30	50	
0,5	50	75	
1,0	75	150	
3,0	200	300	
Предельная мощность вне класса точности, В · А	400	630	—
Номинальная частота, Гц	50 или 60		
Схема и группа соединения обмоток	1/1—0		
Сопротивление резистора в составе предохранительного защитного устройства, Ом	—		36/18
Номинальная мощность резистора, Вт	—		0,25/0,125

* Высший класс точности 0,2 только для трансформаторов с номинальным напряжением вторичной обмотки 100 В.

Таблица П11. **Технические характеристики ТН серии НОЛ**

Наименование параметра	НОЛ-3	НОЛ-6	НОЛ-10
Класс напряжения, кВ	3	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	3,6	7,2	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	3000, 3300	6000, 6300, 6600, 6900	10000, 11000
Номинальное напряжение вторичной обмотки, В	100		
Номинальная, частота, Гц	50 или 60		
Номинальная мощность, В · А, в классе точности: 0,2*	15	30	50
0,5	30	50	75
1,0	50	75	150
3,0	75	200	300
Предельная мощность вне класса точности, В · А	150	400	630
Схема и группа соединения обмоток	1/1—0		

* Высший класс точности 0,2 только для трансформаторов с номинальным напряжением вторичной обмотки 100 В.

Таблица П12. **Технические характеристики ТН серии НОЛ.12**

Наименование параметра	Значение			
	НОЛ.12-0,38.ОМ3	НОЛ.12-0,69.ОМ3	НОЛ.12-6.ОМ3	НОЛ.12-10.ОМ3
Класс напряжения, кВ	0,66		6	10
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	380	690	6300	10500
Номинальное напряжение вторичной обмотки, В	127		100 или 127	
Номинальная частота, Гц	50			
Класс точности	1,0			
Номинальная мощность в классе точности, В · А	30			
Предельная мощность вне класса точности, В · А	80		125	
Погрешность по напряжению при предельной мощности, %, не более	4			
Схема и группа соединения обмоток	1/1—0			

Заземляемые ТН

Таблица П13. **Технические характеристики ТН серии ЗНОЛ.06**

Наименование параметра	Значение						
	ЗНОЛ.06-6		ЗНОЛ. 06-10	ЗНОЛ. 06-15	ЗНОЛ. 06-20	ЗНОЛ. 06-24	ЗНОЛ. 06-27
Класс напряжения, кВ	3	6	10	15	20	24	27
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	3,6	7,2	12	17,5	24	26,5	30
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	$3000/\sqrt{3}$ $3000/\sqrt{3}$	$6000/\sqrt{3}$ $6300/\sqrt{3}$ $6600/\sqrt{3}$ $6900/\sqrt{3}$	$10000/\sqrt{3}$ $10500/\sqrt{3}$ $11000/\sqrt{3}$	$13800/\sqrt{3}$ $15750/\sqrt{3}$	$18000/\sqrt{3}$ $20000/\sqrt{3}$	$24000/\sqrt{3}$	$27000/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	$100/\sqrt{3}$ или $110/\sqrt{3}$						
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3 или 100 или 110/3 или 110						
Номинальная мощность, В · А, в классе точности:							
0,2	15	30	50				
0,5	30	50	75				
1,0	50	75	150				
3,0	150	200	300				
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки в классе точности 3,0, В · А	150	200	300				

Наименование параметра	Значение						
	ЗНОЛ.06-6		ЗНОЛ. 06-10	ЗНОЛ. 06-15	ЗНОЛ. 06-20	ЗНОЛ. 06-24	ЗНОЛ. 06-27
Предельная мощность вне класса точности, В · А	250	400	630				
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0						
Номинальная частота, Гц	50 или 60						

Таблица П14. **Технические характеристики ТН типов ЗНОЛП-6 и ЗНОЛП-10**

Наименование параметра	Значение	
	ЗНОЛП-6	ЗНОЛП-10
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	$6000/\sqrt{3}$; $6300/\sqrt{3}$; $6600/\sqrt{3}$; $6900/\sqrt{3}$	$10000/\sqrt{3}$ $10500/\sqrt{3}$ $11000/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	$100/\sqrt{3}$ или $110/\sqrt{3}$	
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3 или 100 или 110/3 или 110	
Номинальная мощность основной вторичной обмотки, В · А, в классе точности:		
0,2	30	50
0,5	50	75
1,0	75	150
3,0	200	300
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки в классе точности 3,0, В · А	200	300
Предельная мощность вне класса точности, В · А	400	630
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0	

Наименование параметра	Значение	
	ЗНОЛП-6	ЗНОЛП-10
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Сопротивление резистора в составе предохранительного защитного устройства, Ом	13	
Номинальная мощность резистора, Вт	0,25	
Масса, кг	32±1,5	32±1,5

Таблица П15. **Технические характеристики ТН серии ЗНОЛПМ**

Наименование параметра	Значение			
	ЗНОЛПМ-6 ЗНОЛПМИ-6		ЗНОЛПМ-10 ЗНОЛПМИ-10	
Класс напряжения, кВ	6		10	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2		12	
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	$6000/\sqrt{3}$ $6300/\sqrt{3}$ $6600/\sqrt{3}$ $6900/\sqrt{3}$		$10000/\sqrt{3}$ $10500/\sqrt{3}$ $11000/\sqrt{3}$	
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	$100/\sqrt{3}$			
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3 или 100			
Номинальная мощность основной вторичной обмотки, В · А, в классе точности:				
0,2	10		10	
0,5	30		30	
1,0	75		90	
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки в классе точности 3,0, В · А	200			
Предельная мощность вне класса точности, В · А	400			
Предельный допустимый длительный первичный ток, А	0,12	0,11	0,07	0,06
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0			
Номинальная частота, Гц	50			
Сопротивление резистора в составе защитного предохранительного устройства, Ом	13		18	

Наименование параметра	Значение	
	ЗНОЛПМ-6 ЗНОЛПМИ-6	ЗНОЛПМ-10 ЗНОЛПМИ-10
Номинальная мощность резистора, Вт	0,25	0,125
Масса, кг	22±0,5	

Таблица П16. **Технические характеристики ТН серии ЗНОЛ**

Наименование параметра	ЗНОЛ-3	ЗНОЛ-6	ЗНОЛ-10
Класс напряжения, кВ	3	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	3,6	7,2	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	$3000/\sqrt{3}$ $3300/\sqrt{3}$	$6000/\sqrt{3}$ $6300/\sqrt{3}$ $6600/\sqrt{3}$ $6900/\sqrt{3}$	$10000/\sqrt{3}$ $10500/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	$100/\sqrt{3}$ или $110/\sqrt{3}$		
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3 или 100 или 110/3 или 110		
Номинальная мощность с коэффициентом мощности активно-индуктивной нагрузки 0,8, В · А, в классе точности:			
0,2	15	30	50
0,5	30	50	75
1,0	50	75	150
3,0	150	200	300
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки с коэффициентом мощности активно-индуктивной нагрузки 0,8 в классе точности 3,0, В · А	150	200	300
Предельная мощность вне класса точности, В · А	250	400	630
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0		
Номинальная частота, Гц	50 или 60		
Масса, кг, не более	42		

Таблица П17. **Технические характеристики ТН типа ЗНОЛЭ-35**

Наименование параметра	Значение	
Класс напряжения, кВ	35	27
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	30
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	35000/√3	27500
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	100/√3	100
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3	127
Номинальная мощность основной вторичной обмотки, В · А, в классе точности:		
0,2	10 или 15	—
0,5	60	150
1,0	120	300
3,0	—	600
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки в классе точности 3,0, В · А	100	400 (вне класса точности)
Предельная мощность вне класса точности, В · А	1000	
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Масса, кг	60	

Таблица П18. **Технические характеристики ТН типа ЗНОЛ-35Ш**

Наименование параметра	Значение	
Класс напряжения, кВ	35	27
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	30
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	35000/√3	27500
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	100/√3	100
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3	127
Номинальная мощность основной вторичной обмотки, В · А, в классе точности:		
0,2*	15	15
0,5	60	60
1,0	120	120

Наименование параметра	Значение	
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В · А, в классе точности 3,0	100/3	400 (вне класса точности)
Предельная мощность вне класса точности, В · А	600	
Схема и группа соединения обмоток	1/1/1—0—0	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Масса, кг, не более	90	

Примечание. Трансформаторы для АИИСКУЭ поставляются по специальному заказу с одним классом точности и номинальной мощностью, указанными в заказе.

* Классы точности устанавливаются только для номинального напряжения основной вторичной обмотки $100/\sqrt{3}$ и 100 В.

Технические характеристики ТН типа ЗНИОЛ-10(П)

Номинальное напряжение, кВ 15

Наибольшее рабочее напряжение, кВ 17

Частота, Гц 50 или 60

Индуктированное напряжение при 120 Гц, кВ, не более 34

Напряжение вторичных обмоток, В:
- основной .... $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$, $120/\sqrt{3}$,
- дополнительной .... 100/3, 110/3 или 120/3

Допустимое продолжительное перенапряжение, о.е. 1,2

Масса, кг........ 29

Трансформаторы напряжения типа ЗНИОЛ-10(П) — это однофазные, заземляемые, опорного типа, для внутреннего размещения трансформаторы, залитые смолой на основе эпоксидного компаунда и предназначенные для измерения и/или защиты.

Технические характеристики ТН типа ЗНИОЛ-35(П)

Предельное напряжение, кВ 35

Наибольшее рабочее напряжение, кВ........ 35

Частота, Гц........ 50 или 60

Индуктированное напряжение при 120 Гц, кВ, не более 70

Напряжение вторичных обмоток, В:

основной .... $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$, $120/\sqrt{3}$

дополнительной 100/3, 110/3, 120/3

Допустимое продолжительное перенапряжение, о.е. 1,2

Масса, кг 29

Трансформаторы напряжения типа ЗНИОЛ-35(П) — это однофазные, заземляемые, опорного типа, для внутреннего размещения трансформаторы, залитые смолой на основе эпоксидного компаунда и предназначенные для измерения и/или защиты.

Технические характеристики ТН типа ЗНИОЛ-35

Предельное напряжение, кВ 35

Предельное напряжение для оборудования, кВ 35

Частота, Гц .... 50 или 60

Индуктированное напряжение при 120 Гц, кВ, не более 70

Напряжение вторичных обмоток, В:

основной .... $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$, $120/\sqrt{3}$ или $115/\sqrt{3}$

дополнительной .... 100/3, 110/3, 120/3 или 115/3

Допустимое продолжительное перенапряжение, о.е.. 1,2

Масса, кг 68

Трансформаторы напряжения типа ЗНИОЛ-35 — это однофазные, заземляемые (соединение фаза — земля), опорного типа трансформаторы для наружного размещения, залиты циклоалифатической смолой с большой длиной пути утечки, предназначены для измерения и/или защиты.

Антирезонансные ТН

Таблица П19. **Технические характеристики ТН серии 3 × ЗНОЛ.06**

Наименование параметра	Значение	
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12
Номинальное линейное напряжение на выводах первичной обмотки, В	6000, 6300, 6600, 6900	10000, 10500, 11000
Номинальное линейное напряжение на выводах основной вторичной обмотки, В	100	

Наименование параметра	Значение	
Напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток, В:		
при симметричном режиме работы сети, не более	3	
при замыкании одной из фаз сети на землю	От 90 до 110	
Мощность нагрузки на выводах разомкнутого треугольника дополнительной вторичной обмотки при напряжении 100 В и коэффициенте мощности нагрузки 0,8 (характер нагрузки индуктивный), В · ·А	400	
Номинальная трехфазная мощность, В · А, в классе точности:		
0,2	90	150
0,5	150	225
1,0	225	450
3,0	600	900
Предельная мощность вне класса точности, В·А	1200	1800
Схема и группа соединения обмоток	*Y*/*Y*-0/*V*-0	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	

Таблица П20. **Тип резистора, их количество и значения для ТН серии 3×ЗНОЛ.06**

Тип резисторов R	Количество, шт.	Значение			
		3 × ЗНОЛ.06—6, 3 ×ЗНОЛП—6		3 × ЗНОЛ.06—10, 3 × ЗНОЛП—10	
		Ом	Вт	Ом	Вт
С 5—35 В 3±5% кОм, 100 Вт	3	1000	300	—	—
С 5—35 В 2,4±5% кОм, 100 Вт	3	—	—	800	300

Таблица П21. **Технические характеристики ТН группы 3 × ЗНОЛПМ**

Наименование параметра	Значение	
	3 × ЗНОЛПМ-6 3 × ЗНОЛПМИ-6	3 × ЗНОЛПМ-10 3 × ЗНОЛПМИ-10
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12
Номинальное линейное напряжение на выводах первичной обмотки, В	6000, 6600	10000, 10500, 11000

Наименование параметра	Значение	
	3 × ЗНОЛПМ-6 3 × ЗНОЛПМИ-6	3 × ЗНОЛПМ-10 3 × ЗНОЛПМИ-10
Трехфазная мощность в классе точности*, В · А:		
0,2	30	30
0,5	90	90
1,0	225	270
Номинальное линейное напряжение на выводах основной вторичной обмотки, В	100	
Мощность нагрузки на выводах разомкнутого треугольника дополнительной вторичной обмотки при напряжении 100 В и коэффициенте мощности нагрузки 0,8 (характер нагрузки индуктивный), В · А	400	
Напряжение на выводах разомкнутого треугольника вторичных обмоток, В:		
при симметричном режиме работы сети, не более	3	
при замыкании одной из фаз сети на землю	От 90 до 110	
Схема и группа соединения обмоток группы	*Y/Y*-0/*V*-0	
Номинальная частота, Гц	50	

* Трехфазные группы изготавливаются с номинальной мощностью, соответствующей одному классу точности, указанному в заказе.

Трехфазные антирезонансные группы литых трансформаторов напряжения (ЗАО «ГК „Электрощит-ТМ", г. Самара»)

Трансформаторы типа НАЛИ-СЭЩ-6(10) обеспечивают питание приборов учета электроэнергии, измерительной аппаратуры, релейных (микропроцессорных) защит и автоматики, а также используются для контроля изоляции в сетях 6 (10) кВ. Применяются в комплектных распределительных устройствах внутренней и наружной установки (КРУ) и камерах одностороннего обслуживания КСО.

Имеются три варианта исполнения этих трансформаторов.

1-й вариант — НАЛИ-СЭЩ-6(10)-1 по схеме соединения обмоток аналогичен трехфазному масляному трансформатору типа НАМИТ-10-2. Вторичная обмотка ТНП в нормальном режиме работы замкнута и размыкается релейной защитой при появлении напряжения небаланса.

2-й вариант — НАЛИ-СЭЩ-6(10)-2 — отсутствует дополнительная обмотка, соединенная в треугольник. Вторичная обмотка ТНП всегда разомкнута и на ее выводах измеряется напряжение контроля изоляции сети.

3-й вариант — НАЛИ-СЭЩ-6(10)-3 — имеет замкнутую накоротко дополнительную обмотку, соединенную в треугольник. Вторичная обмотка ТНП всегда разомкнута и на ее выводах измеряется напряжение контроля изоляции сети. Релейная защита также отсутствует.

Преимущества трансформаторов типа НАЛИ-СЭЩ-6(10)-2:

- пожаро- и взрывобезопасны;
- сохраняется работоспособность и гарантируется номинальный класс точности при обратном чередовании фаз, а также имеется возможность проверки работоспособности дополнительной обмотки, соединенной в замкнутый треугольник, по сравнению с трехфазным масляным ТН типа НАМИ-10-95;
- заземление нейтрали высоковольтной обмотки выполнено через индуктивный элемент. Это самый эффективный метод защиты от феррорезонансных процессов, приводящих к повреждению ТН. В этом смысле НАЛИ-СЭЩ-6(10) — более надежное решение по сравнению с широко известной трехфазной группой 3 × ЗНОЛ, заземляемой через резистор.

Применение трехфазных антирезонансных групп типа НАЛИ-СЭЩ-6(10) позволит полностью исключить возможность возникновения устойчивых феррорезонансных явлений в сетях 6—10 кВ, обусловленных различного рода электромагнитными возмущениями (дуговые замыкания, отключение металлических замыканий «на землю»).

Измерительные трансформаторы тока (ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока»)

1. Шинные ТТ

Технические характеристики ТТ типа ТНШ-0,66

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,8
Номинальный вторичный ток, А	5
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60

Номинальный первичный ток, А	15000, 25000
Класс точности	10*P**
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А	50
Кратность трехсекундного тока термической стойкости	2,2
Номинальная предельная кратность	2

* При отсутствии влияния соседних фаз и обратной шины «родной» фазы — погрешность трансформатора может соответствовать классу точности 0,5.

ТТ на номинальный первичный ток 15000 А имеют массу 52 кг, а на номинальный первичный ток 25000 А — 170 кг.

Технические характеристики ТТ типа ТНШЛ-0,66 (на токи 150—500 А)

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,8
Номинальная частота, Гц	50
Номинальный первичный ток, А	150; 200; 300; 400; 500
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 1, В · А;	1; 1,25; 2,5
с коэффициентом мощности cos φ = 0,8 при номинальном первичном токе, А:	
50, 200	3; 5*
300, 400	3; 5; 10*
500	3; 5; 10; 15; 20*
Класс точности для номинального первичного тока, А:	
150	0,5; 1
200	0,5; 1; 10*P*
300	0,5*S*; 0,5; 1; 10*P*
400, 500	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1; 10*P*
Трехсекундный ток термической стойкости, не менее (кратность)	25
Номинальная предельная кратность тока при номинальном первичном токе, А*:	
200, 300	4
400, 500	8

* При наибольшей номинальной вторичной нагрузке.

Технические характеристики ТТ типа ТНШЛ-0,66 (на токи 600—10000 А)

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,8
Номинальная частота, Гц	50 или 60
Номинальный первичный ток, А	600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 8000; 10000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А	20
Класс точности для номинального первичного тока, А:	
600—2000	0,5*S*; 0,5; 10*P*
3000—5000	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 10*P*
8000—10000	3; 10*P*
Трехсекундный ток термической стойкости, не менее (кратность)	25; 75
Номинальная предельная кратность тока при номинальном первичном токе, А:	
600	6
800	7
1000	10
1500—3000	11
4000—5000	12
8000—10000	20

Технические характеристики ТТ типов ТШЛ-0,66, ТШЛ-0,66-1

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Номинальный первичный ток, А	2000, 3000, 4000, 5000
Номинальный рабочий первичный ток, А	2000, 3200, 4000, 5000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная частота, Гц	50 или 60
Класс точности	0,5*S*; 0,5; 10*P*
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А	15
Кратность односекундного тока термической стойкости для первичных токов, А:	

2000	60
3000	40
4000, 5000	40

Номинальная предельная кратность тока для трансформаторов на ток, А:

2000, 3000 при междуфазном расстоянии 140 мм	8
4000, 5000 при междуфазном расстоянии 140 мм	4
4000, 5000 при междуфазном расстоянии 750 мм	8

Технические характеристики ТТ типа ТШЛ-0,66-II

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,8
Номинальная частота, Гц	50, 60
Номинальный первичный ток, А	300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная вторичная нагрузка, В · А	1—10
Класс точности	0,5; 0,5*S*; 0,2*S*; 0,2; 1
Масса трансформатора, кг.	1,73 (до 600 А); 1,76 (800—2000 А)

Технические характеристики ТТ серии ТШЛ на 10 кВ

Номинальное напряжение, кВ	10 или 11
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60
Номинальный первичный ток, А:	
ТШЛП-10; ТШЛПК-10; ТШЛП-10-1;ТШЛПК-10-1	1000; 2000
ТШЛ-10; ТШЛК-10; ТШЛ-10-1; ТШЛК-10-1	2000; 3000; 4000; 5000
Номинальный вторичный ток, А	5
Число вторичных обмоток, шт	2
Номинальный класс точности:	
обмотка для измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*
обмотка для защиты	10*P**
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А:	
обмотка для измерений	20
обмотка для защиты	30

Кратность трехсекундного тока термической стойкости 35

Номинальная предельная кратность тока обмотки для защиты 25

* В соответствии с заказом могут поставляться класса точности 5*P*.

Таблица П22. **Технические характеристики ТТ серии ТЛШ-10**

Наименование параметра	Значение					
	Номинальный первичный ток, А					
	1000	1500	2000	3000	4000	5000
Номинальное напряжение, кВ	10 или 11					
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12					
Номинальная частота, Гц	50 или 60					
Номинальный вторичный ток, А	1; 5					
Число вторичных обмоток, шт.	2,3 или 4			2		
Номинальный класс точности вторичной обмотки:						
для измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*					
для защиты	10*P**				5*P*, 10*P*	
Номинальная нагрузка вторичной обмотки при cos φ = 0,8, В · А:						
для измерений:						
в классе 0,2; 0,2*S*	20				15	
в классе 0,5; 0,5*S*;	20 или 30				15	
для защиты:						
в классе 5*P*	**			20		
в классе 10*P*	30			30		
Номинальная предельная кратность тока обмоток для защиты, не менее:						
в классе 5*P*	**				10	
в классе 10*P*	8	11	10,5	15	18	
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	31,5			140		175
Номинальный коэффициент безопасности приборов вторичных обмоток для измерений, не более:						
в классе точности 0,5	11	14	16			
в классе точности 0,2; 0,5*S*	4	5	16	19	14	
в классе точности 0,2*S*	4	5	6			

* В соответствии с заказом могут поставляться класса точности 5*P*.

** Значения могут согласовываться при заказе.

Таблица П23. **Максимальная масса ТТ серии ТЛШ-10**

<table>
<tr><th>Тип трансформатора</th><th>Номинальный первичный ток, А</th><th>Масса, кг, не более</th></tr>
<tr><td>ТЛШ-10</td><td>1000, 1500, 2000, 3000</td><td>26</td></tr>
<tr><td>ТЛШ-10-2</td><td>4000, 5000</td><td rowspan="3">30</td></tr>
<tr><td>ТЛШ-10-1</td><td>1000, 1500, 2000</td></tr>
<tr><td>ТЛШ-10-1-2</td><td>3000, 4000, 5000</td></tr>
<tr><td>ТЛШ-10-5-2</td><td rowspan="2">1000—3000</td><td rowspan="2">39</td></tr>
<tr><td>ТЛШ-10-5</td></tr>
</table>

Технические характеристики ТТ типа ТШЛ-20-1

Номинальное напряжение, кВ 20

Наибольшее рабочее напряжение, кВ................. 24

Номинальная частота переменного тока, Гц........ 50 или 60

Номинальный первичный ток, А 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 14000; 15000; 16000; 18000

Номинальный вторичный ток, А 1; 5

Число вторичных обмоток.................................. 2

Класс точности:

вторичной обмотки для измерений 0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*; 5*P*; 10*P*

вторичной обмотки для защиты 5*P*; 10*P*

Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:

вторичной обмотки для измерений 30

вторичных обмоток для защиты:

класса точности 5*P*.................................... *

класса точности 10*P*.................................. 30

Номинальная предельная кратность тока вторичных обмоток для защиты, не менее:

для класса точности 10*P* при номинальных первичных токах:

3000 13

4000 15

5000; 6000 16

8000 14

10000; 12000; 14000; 15000; 16000; 18000...... 12

для класса точности 5*P* при номинальных первичных токах, А:

3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000.............. 20

12000; 14000; 15000; 16000; 18000................ *

Трехсекундный ток термической стойкости, кА, при номинальных первичных токах, А:

3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000................ 120

12000; 14000; 15000; 16000; 18000.................. 190

* Значение уточняется в заказе.

2. Опорные ТТ

Технические характеристики ТТ типа ТОЛК-6

Номинальное напряжение, кВ............................ 6

Наибольшее рабочее напряжение, кВ.................... 7,2

Номинальная частота переменного тока, Гц.......... 50

Номинальный вторичный ток, А.......................... 1; 5

Номинальный первичный ток, А.......................... 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600

Класс точности вторичной обмотки..................... 1,0 и 10*P*

Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности $\cos\varphi = 0{,}8$, В · А......................... 30

Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки, не менее.. 5,5

Предельная кратность тока вторичной обмотки при нагрузке 15 В · А.. 8

Номинальное напряжение питания дополнительной обмотки при проверке максимальной токовой защиты, В... 100 ± 20

Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:

50.. 3,6

80.. 5,6

100—600... 10

Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:

50.. 17,6

80—600... 26

Масса, кг.. 10,5 ± 1

Технические характеристики ТТ типа ТОЛК-10

Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальный первичный ток, А	50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600
Класс точности вторичной обмотки	1,0 и 5*P*
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А	30
Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки, не менее	5,5
Предельная кратность тока вторичной обмотки при нагрузке 15 В · А	8
Номинальное напряжение питания дополнительной обмотки, В	100 ± 20
Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
50	3,6
80	5,6
100—600	10
Ток электродинамической стойкости, кА	25
Масса, кг	12±1

Технические характеристики ТТ типа ТОЛК-10-1

Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальная частота переменного тока, Гц	50
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальный первичный ток, А	50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600
Число вторичных обмоток	2
Класс точности вторичной обмотки:	
для измерений при номинальном первичном токе 50—600 А	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*; 1
для защиты	5*P*; 10*P*
Номинальная нагрузка вторичной обмотки, В · А:	
для измерений при cos φ = 1	1—2,5*

при cos φ = 0,8	3—30*
для защиты при cos φ = 0,8	30
Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки для защиты, не менее:	
при номинальной нагрузке 15 В · А	8
при номинальной нагрузке 30 В · А	5,5
Номинальное напряжение питания дополнительной обмотки, В	100 ± 20
Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
50	3,6
80	5,6
100—600	10
Ток электродинамической стойкости, кА	25

* Согласно заказу.

Технические характеристики ТТ типа ТОЛ-10

Номинальное напряжение, кВ	10 или 11
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальный первичный ток, А	10; 20; 30; 40; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000
Число вторичных обмоток	2
Класс точности:	
вторичной обмотки для измерений	0,5; 0,5*S*; 0,2; 0,2*S*
вторичной обмотки для защиты	10*P**
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:	
вторичной обмотки для измерений	10
вторичной обмотки для защиты	15
Номинальная предельная кратность вторичной обмотки для защиты, не менее	10
Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
50	4,9
100	9,7

150 12,5
200 17,5
300—2000.......... 31,5

Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:

50 17,5
100—200.......... 52
300—2000.......... 100

---

* В соответствии с заказом могут поставляться класса точности 5*P*.

Таблица П24. **Технические характеристики ТТ типа ТОЛ-10-1**

Наименование параметра	Значение			
	Номер конструктивного исполнения			
	1 или 2	3 или 4	5 или 6	7 или 8
Номинальное напряжение, кВ	10 или 11			
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12			
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60			
Номинальный вторичный ток, А	1 или 5			
Номинальный первичный ток, А	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000	30, 40, 50, 75, 80, 100, 150	100, 150, 200	50, 75, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000
Число вторичных обмоток	2			3
Класс точности вторичной обмотки: для измерений при номинальном первичном токе, А:				
5—400	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S* или 1			
500—2000	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*			
для защиты	10*P*			
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:				

Наименование параметра	Значение			
	Номер конструктивного исполнения			
	1 или 2	3 или 4	5 или 6	7 или 8
вторичной обмотки для измерений	До 30			
вторичной обмотки для защиты	15			
Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки для защиты, не менее	10			
Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:				
5	0,4	—	—	—
10	0,78	—	—	—
15	1,2	—	—	—
20	1,56	—	—	—
30	2,5	—	—	—
40	3,0	—	—	—
50	5	—	—	—
75	5,85	3,2	—	5,0
80	6,23	4,3	—	5,8
100	10	8	—	10
150	12,5	20	—	12,5
200	20	20	31,5	20
300, 400	31,5	20	31,5	20
500—2000	40	20	31,5	40
Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:				
5	1	—	—	—
10	1,97	—	—	—
15	3	—	—	—
20	3,93	—	—	—
30	6,25	8	—	—
40	7,56	10	—	—
50	12,8	20	—	12,8

Наименование параметра	Значение			
	Номер конструктивного исполнения			
	1 или 2	3 или 4	5 или 6	7 или 8
75	14,7	51	—	14,7
100	25,5	51	81	25,5
150	31,8	51	81	31,8
200	51	—	81	51
300, 400	81	—	—	51
500—2000	102	—	—	102

Таблица П25. **Технические характеристики ТТ серии ТОЛ-10-IМ**

Наименование параметра	Значение		
	ТОЛ-10-IМ-2	ТОЛ-10-IМ-3	ТОЛ-10-IМ-4
Номинальное напряжение, кВ	10		
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12		
Номинальная частота переменного тока, Гц	50		
Номинальный первичный ток, А	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000		
Номинальный вторичный ток, А	1 или 5		
Число вторичных обмоток	2	3	4
Номинальный класс точности вторичной обмотки:			
для измерений	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5		
для защиты	5*P*; 10*P*		
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:			
вторичной обмотки для измерений	От 1 до 30		
вторичных обмоток для защиты	От 1 до 30		
Номинальная предельная кратность тока вторичных обмоток для защиты при номинальном первичном токе, А, не менее	10		

Наименование параметра	Значение		
	ТОЛ-10-IМ-2	ТОЛ-10-IМ-3	ТОЛ-10-IМ-4
Номинальный коэффициент безопасности приборов обмотки для измерений, не более	15		
Климатическое исполнение	УХЛ или Т		
Категория размещения	2		
Габариты:			
длина	270	300	375
ширина	148		
высота	256		
Масса, кг, не более	20	23	30

Таблица П26. **Токи термической и электродинамической стойкости для ТТ серии ТОЛ-10-IМ**

Односекундный ток термической стойкости, кА: при номинальном первичном токе, А		Ток электродинамической стойкости, кА: при номинальном первичном токе, А	
5	0,4	5	1,0
10	0,78	10	1,97
15	1,2	15	3,0
20	1,56	20	3,93
30	2,5	30	6,25
40	3,0	40	7,56
50	5,0	50	12,8
75	5,85	75	14,7
80	6,23	80	15,7
100	10,0	10	25,5
150	12,5	150	31,8
200	20,0	200	51,0
300; 400	31,5	300; 400	81,0
600—2000	40,0	600—2000	102,0

Таблица П27. **Технические характеристики ТТ типа ТЛК-35**

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5

Наименование параметра	Значение
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60
Номинальный первичный ток, А	150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000
Номинальный вторичный ток, А	1 или 5
Число вторичных обмоток	2, 3, 4
Класс точности при номинальном первичном токе, А, вторичной обмотки:	
для измерений:	
150—1500	0,2*S*; 0,5*S*
2000 и 3000	0,5
для защиты:	
150—1500	10*P*
2000 и 3000	5*P*; 10*P*
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А, при номинальном первичном токе, А:	
обмотки для измерений:	
150—800 в классе точности 0,2*S*	10
150—800 в классе точности 0,5*S*	20
1000; 1500 в классе точности 0,2*S*; 0,5*S*	20
2000; 3000 в классе точности 0,5	15
обмотки для защиты:	
150—1000; 2000; 3000	15
1500	30
Номинальная предельная кратность тока обмотки для защиты при номинальном первичном токе, А:	
150—1500, 3000 в классе точности 10*P*	10
2000 в классе точности 5*P*; 10*P*	12
3000 в классе точности 5*P*	8
Трехсекундный ток термической стойкости, кА, не менее, при номинальном первичном токе, А:	
150	20
200—1000	31,5
1500, 2000	50
3000	100
Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
150	51

Наименование параметра	Значение
200—1000	80
1500, 2000	125
3000	250
Масса, кг, при номинальном первичном токе, А:	
150—1500	50
2000, 3000	70

Таблица П28. **Технические характеристики ТТ типов ТОЛ-35 Ш-II и ТОЛ-35 Ш-Ш**

Наименование параметра	Значение для конструктивного исполнения трансформатора	
	II	III
Номинальное напряжение, кВ	35	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Номинальный первичный ток, А	15; 20; 30; 40; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000	500; 1000; 1500; 2000; 3000
Номинальный вторичный ток, А	5	5 или 1
Число вторичных обмоток:		
для измерений	1	
для защиты	2	
Класс точности:		
вторичной обмотки для измерений	0,2*S*; 0,5*S*	
обмоток для защиты	10*P*/10*P**	10*P*/10*P**
Номинальная нагрузка вторичной обмотки с cos φ = 0,8, В · А:		
для измерений	30	
для защиты	30	50
Номинальная предельная кратность тока обмоток для защиты	20	
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	0,7—55	49—57
Ток электродинамической стойкости, кА	3—141	125—145

Примечание. Возможно изготовление с четырьмя вторичными обмотками.

* В соответствии с заказом могут поставляться класса точности 5*P*/5*P*.

Таблица П29. **Технические характеристики ТТ типа ТОЛ-35Ш-VI**

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальная частота, Гц	50
Число вторичных обмоток	От 1 до 3
Класс точности вторичной обмотки для:	
измерений	0,2*S*; 0,2; 0,5*S*; 0,5; 1; 3; 10
защиты	5*P*; 10*P*
Номинальный первичный ток, А	От 100 до 2000

Таблица П30. **Технические характеристики ТТ типа ТЛК-10-3-5**

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Частота, Гц	50 или 60
Номинальный первичный ток, А:	
простое соединение первичной обмотки	2000
двойное соединение первичной обмотки	2 × 300; 2 × 600
Номинальный вторичный ток, А (1 или 2 А в зависимости от комплектации)	5
Количество магнитопроводов	3
Ток односекундной термической стойкости, кА	100
Масса, кг	23

Технические характеристики трансформаторов тока типа ТЛК-35-1

Номинальное напряжение, кВ 35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ.............................. 39
Частота, Гц.. 50 или 60
Номинальный первичный ток, А:
простое соединение первичной обмотки 1200
двойное соединение первичной обмотки 600; 1200
тройное соединение первичной обмотки.................. 300; 600; 1200
Номинальный вторичный ток, А (1 или 2 А в зависимости от комплектации)... 5
Количество магнитопроводов 3
Ток односекундной термической стойкости, кА............ 60
Масса, кг.. 250

Трансформаторы тока опорного типа ТЛК-35-1 применяются для наружного размещения, залиты герметизирующей эпоксидной смолой и предназначены для измерения и/или защиты. Имеют циклоалифатический корпус с большой длиной пути утечки.

3) Опорные и шинные ТТ

Таблица П31. **Технические характеристики ТТ типа ТОЛ-20-2 (3, 4)**

Наименование параметра	Значение
Номинальный первичный ток, А	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500
Количество вторичных обмоток	2; 3; 4
Класс точности вторичной обмотки для:	
измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*
защиты	5*P*; 10*P*
Номинальная вторичная нагрузка, В · А:	
вторичной обмотки для измерений:	
при cos φ = 1	1; 2; 2,5
при cos φ = 0,8	3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 50
вторичной обмотки для защиты:	
при cos φ = 0,8	3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 50
Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки для защиты	От 2 до 30
Односекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
5	0,4
10	0,78
15	1,2
20	1,56
30	2,5
40	3,0
50	5,0
75	5,85
100	10,0
150	12,5
200	20,0
300, 400	31,5

Наименование параметра	Значение
600—2500	40,0
Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
5	1,0
10	1,97
15	3,0
20	3,93
30	6,25
40	7,56
50	12,8
75	14,7
100	25,5
150	31,8
200	51,0
300, 400	81,0
600—2500	102,0

Таблица П32. **Технические характеристики ТТ типов ТОП-0,66 и ТШП-0,66**

Номинальный первичный ток, А	Номинальный вторичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А	Класс точности
1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50	1; 5	3	0,2; 0,5; 1
		5	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1
		3	0,2
75; 80; 100; 150; 200		5	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1
		10	1
200	5	5	0,5
300; 400	1; 5	5	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1
		10	1
		10	0,5
500; 600; 750; 800		5; 10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1
600; 750; 800		15	0,2*S*; 0,5*S*
800		20	
750; 800		15; 20; 25	0,5

Номинальный первичный ток, А	Номинальный вторичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности cos φ = 0,8, В · А	Класс точности
1000; 1200	1; 5	3	0,2; 0,5*S*
1500; 2000		5; 10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1
2000		15	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1

4. Проходные ТТ

Таблица П33. **Технические характеристики ТТ типов ТПЛ-35, ТПЛ-20**

Наименование параметра	Значение	
Номинальное напряжение, кВ	20	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	24	40,5
Номинальный первичный ток, А*	300, 400, 600, 800, 1000, 1500	
Номинальный вторичный ток, А	1; 5	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Номинальная вторичная нагрузка при cos φ = 0,8, В · А:		
обмотки для измерений	20	
обмотки для защиты	20	
Класс точности вторичной обмотки:		
для измерения при номинальном первичном токе 300—1500 А	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1,0	
для защиты	10*P**	
Номинальная предельная кратность тока обмотки для защиты при номинальном первичном токе, А**:		
300; 400; 600	13; 13; 18	10; 13; 18
800; 1000; 1500	24; 24; 26	18; 24; 26
Трехсекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе:		
300; 400; 600	16; 16; 24	12; 16; 24
800; 1000; 1500	32; 40; 60	32; 40; 60
Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:		
300; 400; 600	41; 41; 61	31; 41; 61
800; 1000	82; 102	82; 102; 153
1500	153	—
Масса трансформатора, кг, не более	47	62

* Может поставляться исполнение на 2000 А.

** В соответствии с заказом могут поставляться класса точности 5*P* с предельной кратностью 20.

Таблица П34. **Технические характеристики ТТ типа ТПОЛ-10**

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	10 или 11
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный первичный ток, А	20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная частота, Гц	50 или 60
Количество вторичных обмоток	2 или 3
Номинальная вторичная нагрузка при cos φ = 0,8, В · А:	
обмотки для измерений	До 30
обмотки для защиты	15
Номинальный класс точности вторичной обмотки:	
для измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1,0
для защиты	10*P*
Номинальная предельная кратность тока обмотки для защиты при номинальном первичном токе, А:	
20—400	10
600; 1000	16
800	20
1500	23
2000	19
Кратность трехсекундного тока термической стойкости при номинальном первичном токе, А:	
20; 30	38
40; 100; 150; 300; 400	45
50; 75; 80; 200	40
600; 800	32
1000; 1500	27
2000	20
Кратность тока электродинамической стойкости при номинальном первичном токе, А:	
20; 30	96
40; 100; 150; 300; 400	114
50; 75; 80; 200	102
600; 800	81,5

Наименование параметра	Значение
1000	68,7
1500	66,7
2000	51

Технические характеристики ТТ типа ТПОЛ-10М

Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный первичный ток, А	20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000
Номинальный вторичный ток, А	1 или 5
Номинальная частота переменного тока, Гц	50
Количество вторичных обмоток	2 или 3
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:	
вторичной обмотки для измерений	1—30
вторичной обмотки для защиты	1—30
Класс точности вторичной обмотки для:	
измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*
защиты	5*P*; 10*P*
Номинальная предельная кратность тока вторичных обмоток для защиты, не менее, при номинальном первичном токе, А:	
20—400	10
600; 1000	16
80	20
1500	23
2000	19

5. Опорно-проходные ТТ

Технические характеристики ТТ типа ТПЛК-10

Номинальный первичный ток, А	10; 15; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000
Номинальное напряжение, кВ	10 или 11
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальная частота переменного тока, Гц	50 или 60

Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Число обмоток	2
Номинальная вторичная нагрузка при коэффициенте мощности cos φ = 0,8, В · А:	
обмотки для защиты	15
обмотки для измерений	10
Масса, кг, не более	48
Класс точности:	
обмотки для измерений	0,2; 0,2*S*; 0,5; 0,5*S*
обмотки для защиты	10*P*
Номинальная предельная кратность тока обмотки для защиты при номинальном токе, А:	
10—400	12
600—800	17
1000—2000	20

Характеристики КЗ и испытательное напряжение ТТ типа ТПЛК-10

Ток электродинамической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, А:	
10	2,47
15	3,7
30	7,4
50	14,8
100—600	74,5
800	94,5
1000	118
1500	177
2000	189
Трехсекундный ток термической стойкости, кА, при номинальном первичном токе, В:	
10	0,47
15	0,71
30	1,42
50	2,36
100	4,72
150	7,1
200	9,45
300	14,1

400	18,9
600	28,3
800	37,8
1000	47,2
1500	70,8
2000	74

Примечания: 1. Для трансформаторов на номинальные токи до 300 А включительно трехсекундный ток термической стойкости указан для вторичных обмоток, замкнутых на номинальную нагрузку.

2. Классы точности в соответствии с заказом.

Таблица П35. **Технические характеристики ТТ типа ТПЛ-10-М**

Наименование параметра	Значение	
	ТПЛ-10-М	ТПЛ-10-М-1
Номинальное напряжение, кВ	10	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	
Номинальная частота переменного тока, Гц	50	
Номинальный первичный ток, А	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 750; 800; 1000	10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 750; 800; 1000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5	
Количество вторичных обмоток	2	3
Класс точности вторичной обмотки для:		
измерений	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 0,2; 1	
защиты	10*P*	
Номинальная вторичная нагрузка, В · А:		
для измерений при cos φ = 1	1—2,5	
(нагрузка активно-индуктивная) при cos φ = 0,8	3—30	
для защиты при cos φ = 0,8	15	
Номинальная предельная кратность тока вторичной обмотки для защиты при номинальном первичном токе, А:		
5—600	13	

Наименование параметра	Значение	
	ТПЛ-10-М	ТПЛ-10-М-1
750, 800	15	
1000	18	
Кратность трехсекундного тока термической стойкости при номинальном первичном токе, А:		
5—300	60	
400, 600, 750, 800, 1000	45	
Кратность тока электродинамической стойкости при номинальном первичном токе, А:		
5—300	265	
400, 600, 750, 800, 1000	200	
Исполнение по вторичным обмоткам	0,5/10*P*; 0,5*S*/10*P*; 0,2*S*/10*P*; 10*P*/10*P*	0,2*S*/0,2*S*/10*P*; 0,5/10*P*/*10P*; 0,2*S*/10*P*/10*P*; 0,5*S*/10*P*/10*P*; 0,5/0,5/10*P*; 0,5*S*/0,5*S*/10*P*
Примечание. В соответствии с заказом могут поставляться трансформаторы с техническими параметрами, отличающимися от номинальных.		

6. Встроенные ТТ

Технические характеристики ТТ типа ТВ

Класс напряжения ввода, кВ	10; 35; 100; 220
Номинальный первичный ток, А	От 50 до 8000
Номинальный вторичный ток, А	1 или 5
Классы точности	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1; 3; 10; 5*P*; 10*P*
Вторичная нагрузка при $\cos\varphi = 0{,}8$, В · А	От 3 до 100
Ток термической стойкости, кА	От 7 до 85,5
Кратность тока термической стойкости	25
Номинальная предельная кратность	От 3 до 80

Трансформаторы тока типа ТВ-110-IX с литой изоляцией для наружной установки

Трансформаторы ТВ-110-IX предназначены для работы в воздушной среде и имеют климатическое исполнение УХЛ категории размещения 1.

Таблица П36. **Вариант исполнения трансформаторов тока для защиты**

Конструктивное исполнение	Коэффициент трансформации	Коэффициент трансформации по ответвлениям	Номинальный класс точности	Вторичная нагрузка при cos φ = = 0,8, В · А	Номинальная предельная кратность	Выводы	Трехсекундный ток термической стойкости, кА (кратность)	Масса, кг
ТВ-110-IX	1000/5	500/5	10*P*	10	25	И1—И2	(25)	45 ± 2
		600/5	10*P*	15	23	И1—И3		
		750/5	10*P*	20	23	И1—И4		
		1000/5	10*P*	25	25	И1—И5		
Примечание. Термическая стойкость для данного исполнения указана при обмотке, замкнутой на номинальную нагрузку.								

Таблица П37. **Технические характеристики ТТ типа ТВ-110-IX**

Конструктивное исполнение	Коэффициент трансформации	Коэффициент трансформации по ответвлениям	Номинальный класс точности	Вторичная нагрузка, В · А	Выводы	Трехсекундный ток термической стойкости, кА
ТВ-110-IX	400/1	100/1	1,0	5	И1-И2	50
		150/1	0,5	5	И1-И3	
		300/1	0,5*S*	10	И1-И4	
		400/1	0,5*S*	20	И1-И5	
	600/1	200/1	0,5*S*	5	И1-И2	
		300/1	0,5*S*	10	И1-И3	
		400/1	0,5*S*	20	И1-И4	
		600/1	0,5*S*	10	И1-И5	
	1000/5	500/5	0,5*S*	15	И1-И2	
		600/5	0,5*S*	30	И1-И3	
		750/5	0,5*S*	50	И1-И4	
		1000/5	0,2*S*	20	И1-И5	

7. Нулевой последовательности

Технические характеристики ТТ типа ТЗЛ-105.1

Номинальное напряжение, кВ 0,66
Испытательное одноминутное напряжение, кВ 3
Номинальная частота, Гц .... 50 или 60
Коэффициент трансформации 25/1
Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А 140
Напряжение на выводах вторичной обмотки (1И1, 1И2) при нагрузке 1 Ом и коэффициенте мощности, равном 1, при протекании по обмотке для проверки функционирования защиты (2И1, 2И2) тока 40 мА частоты 50 Гц, мВ, не менее 10
Масса, кг .... 3,3 ± 0,2

Таблица П38. **Данные по соединению ТТ типа ТЗЛ-105.1**

Параметр	Соединение трансформаторов							
	Параллельное				Последовательное			
	Количество трансформаторов							
	1	2	3	4	2	3	4	5
Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51, А, не более:								
ток уставки 0,02	1,5	2,0	2,5	2,8	1,5	2,0	2,2	2,5
ток уставки 0,122	7,0	12,0	15,5	18,5	7,5	8,0	9,0	10

Таблица П39. **Данные по условиям эксплуатации ТТ типа ТЗЛ-105.1**

Климатическое исполнение	Рабочее значение температуры, °С			
	Нижнее		Верхнее	
	Эксплуатация	Транспортирование	Эксплуатация	Транспортирование
У	−45	−50	+45	+50
Т	−10	−50	+55	+60

Таблица П40. **Данные по РЗ при использовании ТТ типа ТЗЛ-105.1**

Тип реле	Используемая шкала реле	Уставка тока срабатывания, А	Чувствительность защиты (первичный ток, А), не более		
			При работе с одним трансформатором	При последовательном соединении трансформаторов	При параллельном соединении двух трансформаторов
РТ-140/0,2	0,1—0,2	0,1	8,5	10,2	12,5
РТЗ-51	0,02—0,1	0,03	2,5	3,2	4,8

Технические характеристики ТТ серии ТЗРЛ

Номинальное напряжение, кВ 0,66
Номинальная частота, Гц .... 50 или 60
Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А 140

Таблица П41. **Данные по коэффициенту трансформации и массе ТТ серии ТЗРЛ**

Тип трансформатора	Коэффициент трансформации	Масса, кг
ТЗРЛ-70	30/1	6,4
ТЗРЛ-100	30/1	5,5
ТЗРЛ-125	30/1	8,4
ТЗРЛ-200	60/1	9,8

Таблица П42. **Данные по РЗ при использовании ТТ серии ТЗРЛ**

Тип реле	Используемая шкала реле	Уставка тока срабатывания, А	Чувствительность защиты (первичный ток, А), не более		
			При работе с одним трансформатором	При последовательном соединении трансформаторов	При параллельном соединении двух трансформаторов
РТ-140/0,2	0,1—0,2	0,1	25	30	45
РТЗ-51	0,02—0,1	0,03	3	4	4,5

Технические характеристики ТТ типов ТЗЛ-125 и ТЗЛ-200

ТЗЛ-125

Номинальное напряжение, кВ 0,66
Номинальная частота, Гц .... 50 или 60
Коэффициент трансформации 30/1
Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51 с током уставки 0,032 А и сопротивлении соединительных проводов 1 Ом, А, не более:
- при работе с одним трансформатором 2,8
- двух трансформаторов при последовательном соединении 3,2
- при параллельном соединении двух трансформаторов 4,8

Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А 140
Масса, кг, не более 8,5

ТЗЛ-200

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А	140
Номинальная частота, Гц	50 или 60
Коэффициент трансформации	60/1
Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51 с током уставки 0,03 А, не более, А	2,8
Масса, кг, не более	9,8

Технические характеристики ТТ типа ТЗЛК-05.1

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Номинальная частота, Гц	50
Коэффициент трансформации	25/1
Масса, кг	2,4
Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А	140
Чувствительность (вторичное напряжение при активной нагрузке 1 Ом) при первичном токе 0,25 А, не менее, мВ	7
Чувствительность защиты в комплекте с реле ЗЗМ-1 У 2 типа «Зеро» (первичный ток), А, не более:	0,17
Минимальный ток срабатывания в комплекте с реле РТЗ-51, А:	
при уставке 30 мА	0,8
122 мА	2,9
в комплекте с реле РТ-140/0,2, А при уставке 100 мА	3,9
Угловая погрешность тока при активной нагрузке 1 Ом относительно первичного, при первичном токе 0,25 А, не более	30°
Напряжение на выводах вторичной обмотки 1И1 и 1И2 при нагрузке 1 Ом при протекании по дополнительной обмотке 2И1 и 2И2 тока 0,04 А частоты 50 Гц, не менее, мВ	10
Процентное содержание гармонических составляющих во вторичном токе при нагрузке 1 Ом первичном синусоидальном токе 0,2 А, %, не более	4

Технические характеристики ТТ типов ТЗЗ-2 и ТЗЗ-4

	ТЗЗ-2	ТЗЗ-4
Номинальное напряжение, кВ	0,66	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Коэффициент трансформации	20/1	

Напряжение подмагничивания, В...................... 110

Число охватываемых кабелей 2 4

Диаметр охватываемых кабелей, мм 50

Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51 с током уставки 122 мА, и реле РТЗ-50 с током уставки 60 мА, не более, А 3

Таблица П43. **Трансформаторы тока для установки в КРУ**

Тип трансформатора	Класс точности	Класс напряжения, кВ	Количество вторичных обмоток	Номинальный первичный ток, А
ТОП-0,66	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1	0,66	1	1—200
ТШП-0,66	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1	0,66	1	200—2000
ТНШЛ-0,66	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 1	0,66	1	800—1000
ТНШ-0,66	10*P*	0,66	1	15000—25000
ТШЛ-0,66	0,5*S*; 0,5; 10*P*	0,66	1	2000—5000
ТШЛ-0,66-II	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5	0,66	1	300—2000
ТОЛ-10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2	50—1500
ТОЛ-10-1	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2 или 3	5—2000
ТПЛ-10М	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2 или 3	5—600
ТПОЛ-10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2 или 3	20—2000
ТЛШ-10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2	1000—5000
ТЛШ-10-1	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	3 или 4	1000—4000
ТШЛ-10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2	2000—5000
ТШЛП-10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; *10P*	10	2	1000—2000
ТОЛК-6	1; 10*P*	6	1	50—600
ТОЛК-10	1; 10*P*	10	1	50—600
ТОЛК-10-1	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10	2	50—600
ТПЛ	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	20 и 35	2	300—1500
ТШЛ-20	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	20	2	3000—18000
ТОЛ-35 III—II	0,2*S*; 0,5*S*; 10*P*	35	3	15—2000
ТОЛ-35 III—III	0,2*S*; 0,5*S*; 10*P*	35	3	500—3000
ТОЛ-35 III—IV	0,2*S*; 0,5; 1; 3;10; 10*P*	35	1	300—1500
ТОЛ-110	0,2*S*; 0,2; 0,5*S*; 0,5; 5*P*; 10*P*	110	3, 4 или 5	50—2000

Таблица П44. **Трансформаторы тока специального исполнения**

Тип	Класс напряжения, кВ	Класс точности	Номинальный ток, А	
			первичный	вторичный
ТЛ-10*	10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	50—3000	1 или 5
ТПЛК-10*	10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,2; 0,5; 10*P*	10—2000	1 или 5
ТЛК-35**	10	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 10*P*	150—3000	1 или 5
ТВ-10-I	10	0,5	6000	5
ТВ-10-II	10	0,5	5000; 6000	5
ТВ-10-III	10	0,5	6000	5
ТВ-10-IV	10	0,5	8000	5
ТВ-10-V	10	3; 10	От 100 до 600	5
ТВ-35-I	35	0,5; 1; 3; 10	От 75 до 1500	5
ТВ-35-II	35	0,5; 1; 3; 10	От 50 до 1500	5
ТВ-35-II-2	35	0,2*S*	600	5
ТВ-35-II-3	35	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5	От 100 до 600	5 или 1
ТВ-35-II-4	35	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5	От 100 до 300	5
ТВ-35-II-5	35	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1	От 75 до 300	5 или 1
ТВ-35-II-6	35	0,2*S*	От 400 до 1000	5
ТВ-35-II-7	35	0,5	300	5
ТВ-35-III	35	0,5; 1; 3; 10	От 50 до 3000	5
ТВ-35-IV	35	0,5; 1	От 600 до 3000	5 или 1
ТВ-35-V	35	0,5; 1; 3; 10	От 100 до 2000	5
ТВ-35-VI	35	0,5	От 200 до 600	5
ТВ-110-I	110	0,5; 1; 3; 10	От 75 до 1200	5
ТВ-110-I-1	110	0,5*S*	1000	5
ТВ-110-I-2	110	0,5*S*	600	5
ТВ-110-I-3	110	0,5*S*	600; 750	5
ТВ-110-I-5	110	0,5*S*; 0,5; 1	От 200 до 600	5
ТВ-110-I-6	110	0,5*S*; 0,5	От 200 до 600	5
ТВ-110-II	110	0,5; 1; 3; 10	От 75 до 2000	5 или 1
ТВ-110-III	110	0,5; 1; 3; 10	От 75 до 3000	5 или 1
ТВ-110-IV	110	0,5; 1; 3; 10	От 100 до 3000	5 или 1
ТВ-110-VI	110	0,5*S*	От 300 до 600	5
ТВ-110-VII	110	0,5; 1; 3	От 400 до 1000	5
ТВ-110-VIII	110	0,5	От 400 до 1000	5
ТВ-110-IX УХЛ1	110	0,2*S*; 0,5*S*; 0,5; 1	От 100 до 1000	5 или 1
ТВ-220-I	220	0,5; 1; 3; 10	От 200 до 2000	5 или 1
ТВ-220-II	220	0,5; 1; 3; 10	От 600 до 3000	5 или 1

Тип	Класс напряжения, кВ	Класс точности	Номинальный ток, А	
			первичный	вторичный
ТВ-220-III	220	0,5; 1	От 100 до 3000	5
ТВ-220-V	220	0,5; 1; 3	От 200 до 2000	5

* Количество вторичных обмоток 2 или 3.

** Количество вторичных обмоток 2; 3 или 4

Таблица П45. **Защитные трансформаторы тока нулевой последовательности**

Тип	Класс напряжения собственной изоляции	Тип реле	Ток чувствительности, А
ТЗЛМ	0,66	РТ-140/0,2	8,5
		РТЗ-51	2,5
ТЗРЛ-70, ТЗРЛ-100, ТЗРЛ-125, ТЗРЛ-200	0,66	РТ-140/0,2	25
		РТЗ-51	3
ТЗЛ-1 05.1	0,66	РТ-140/0,2	7
		РТЗ-51	1,5
ТЗЛК 05.1	0,66	РТ-140/0,2	3,9
		РТЗ-51	0,8
		ЗЗМ-1 типа «Зеро»	0,17
ТЗЛЭ-125	0,66	РТЗ-51	2,8
ТЗЛ-200	0,66	РТЗ-51	2,8
ТЗЗ-2	0,66	РТЗ-50	3
ТЗЗ-4	0,66	РТЗ-50	3

Таблица П46. **Замена трансформаторов**

Типы заменяемых трансформаторов	Замена ОАО «СЗТТ»
Трансформаторы тока	
ТК-20; ТК-40; Т-0,66; ТШ-0,66	ТОП-0,66; ТШП-0,66
ТШН-0,66	ТШЛ-0,66-II
ТДЗЛК-0,66; ТЗЛК-0,66	ТЗЛ-1; ТЗЛМ-1
ТДЗЛК-0,66-1	ТЗЛМ-1-1
ТДЗРЛ-0,66	ТЗРЛ
ТДЗЛВ 10	ТЗЛМ-600
ТЛК-10; ТЛО-10	ТОЛ-10-1
Трехобмоточные ТЛО-10; ТЛК-10(3)-5,7	ТОЛ-10-1-7(8)

Типы заменяемых трансформаторов	Замена ОАО «СЗТТ»
ТПФ-10; ТПФМ-10; ТПОФ-10; ТПОФД-10; ТПК-10; ТЛП-10-2; ТЛП-10-3	ТПОЛ-10
ТПЛ-10; ТПЛМ-10; ТПЛ-10с	ТПЛ-10М
ТПШЛ-10	ТЛШ 10
ТПОЛ-20	ТПЛ 20
ТЛП-10-4	ТЛ-10
ТВЗМ-35; ТФМ-35; ТФМД-35; ТБМО-35	ТОЛ-35
ТФЗМ-110; ТОГ-110; ТМБО-110; ТФМ-110; ТГФ-110; Тг145; IMB145	ТОЛ-110
ТНП-2	ТЗЗ-2
ТНП-4	ТЗЗ-4
Трансформаторы напряжения	
НОМ-6	НОЛ.08-6; НОЛП-6; НОЛ-6 УХЛ-1
НОМ-10	НОЛ.08-10; НОЛП-10; НОЛ-10 УХЛ-1
НТМК-6; НТМИ-6; НАМИ-6; НАМИТ-10(6)	3 × ЗНОЛ.06-6; 3 × ЗНОЛП-6
НТМК-10; НТМИ-10; НАМИ-10; НАМИТ-10	3 × ЗНОЛ.06-10; 3 × ЗНОЛП-10
ЗНОМ-15	ЗНОЛ.06-15
ЗНОМ-20	ЗНОЛ.06-20
ЗНОМ-24	ЗНОЛ.06-24
ЗНОМ-35	ЗНОЛ-35

Измерительные трансформаторы тока серии ТТИ (Международная электротехническая компания ИЭК, г. Москва)

Таблица П47. **Технические характеристики ТТ серии ТТИ**

Наименование параметра	Значение параметра в зависимости от типоисполнения						
	ТТИ-А	ТТИ-30	ТТИ-40	ТТИ-60	ТТИ-85	ТТИ-100	ТТИ-125
Номинальный первичный ток трансформатора при $U_{ном}$, А	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 80, 100, 120, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000	150, 200, 250, 300	300, 400, 500, 600	600, 750, 800, 1000	750, 800, 1000, 1200, 1500	1000, 1200, 1250, 1500, 1600, 2000, 2500, 3000	1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000

Наименование параметра	Значение параметра в зависимости от типоисполнения						
	ТТИ-А	ТТИ-30	ТТИ-40	ТТИ-60	ТТИ-85	ТТИ-100	ТТИ-125
Номинальная вторичная нагрузка $S_{2ном}$, В · А	5; 10	5; 10	5; 10	10; 15	15	15	15
Класс точности трансформатора	0,5; 0,5*S*	0,5; 0,5*S*	0,5; 0,5*S*	0,5	0,5	0,5	0,5
Масса, кг	0,6	0,6	0,38	0,6	0,75...1,02	0,8...1,16	1,0...2,2

Таблица П48. **Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета**

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности		Предел нагрузки, % номинального значения
		Токовой, %	Угловой, мин	
0,5*S*	1 5 20 100—120	±1,5 ±0,75 ±0,5 ±0,5	±90′±2,7 срад ±45′±1,35 срад ±30′±0,9 срад ±30′±0,9 срад	25 ÷ 100
0,5	5 20 100—120	±1,5 ±0,75 ±0,5	±90′±2,7 срад ±45′±1,35 срад ±30′±0,9 срад	25 ÷ 100

Конструкция ТТ делает невозможным доступ ко вторичной обмотке, обеспечивает безопасность при эксплуатации, позволяет устанавливать в качестве первичной обмотки кабели и шины различных сечений и конфигураций. Корпус ТТ сделан из самозатухающей пластмассы, масса и габариты на 10—20% меньше аналогичных ТТ других отечественных производителей.

Трансформаторами ТТИ заменяют трансформаторы тока типа Т 0,66; ТШ 0,66; ТОП 0,66; ТШП 0,66.

Области применения ТТ серии ТТИ:

- в схемах учета электроэнергии при расчетах с потребителями (класс точности 0,5);
- в схемах коммерческого учета электроэнергии (0,5*S*);
- для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам или устройствам защиты и управления.

СОВРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ НИЖЕ 1 кВ

Автоматические выключатели

1. Автоматические выключатели ВА ЩИТ (Электротехническая компания «ЭНЕРГО-ЩИТ», г. Москва)

Автоматические выключатели с естественным воздушным охлаждением (автоматы) предназначены для отключения тока при КЗ, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для оперативных включений и отключений электрических цепей (в том числе электродвигателей) на напряжение до 1 кВ.

Расцепители, являясь составной частью автоматов, контролируют заданный параметр защищаемой цепи и воздействуют на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Наиболее распространенными расцепителями являются:

- электромагнитные — для защиты от тока КЗ;
- тепловые — для защиты от перегрузок;
- комбинированные, совмещающие в себе электромагнитные и тепловые расцепители;
- полупроводниковые, позволяющие ступенчато менять: номинальный ток расцепителя; время срабатывания в зоне перегрузки; отношение тока срабатывания при токе КЗ (0,1; 0,25; 0,4 с).

Полупроводниковые расцепители имеют более стабильные параметры и удобны в настройке.

Если автомат не имеет максимальных расцепителей, то он используется только для коммутаций цепей без тока.

Кроме указанных, имеются также минимальные, нулевые, независимые и максимальные токовые расцепители. Минимальные расцепители отключают включенный автомат при $U = (0{,}35—0{,}7)\,U_{ном}$; нулевые расцепители — при (0,1—0,35) *Uном*. Независимые расцепители служат для дистанционного отключения автоматов, максимальные токовые — для защиты электрических цепей (кроме двигателей) от перегрузки.

Выключатели автоматические ВА 76-29 «ЩИТ» предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 76-29 имеют модульное исполнение и крепятся на O1M-рейку.

Таблица П49. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 76-29 «ЩИТ»**

Наименование параметра			ВА 76-29-1	ВА 76-29-2	ВА 76-29-3	ВА 76-29-4
Номинальный ток расцепителей *In*, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*B*, *C*			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (*Icu*), А			3000			
Ресурс, количество циклов В-О	1~32 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в 1 ч			
	40~63 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в 1 ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм²			1,0—25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, *Is*,%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:						
до 40 А			Не более 3 Вт			
до 63 А			Не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Тип ***B*** ($3I_n$~$5I_n$) — для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий.

Тип ***C*** ($5I_n$~$10I_n$) — для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с небольшими пусковыми токами.

Аналог ВА «ЩИТ» серии ВА 76-29 с номинальной отключающей способностью 3000 А выпускает фирма SIEMENS.

Выключатели автоматические ВА 76-31 «ЩИТ» имеют высокую надежность и предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 76-31 имеют модульное исполнение и крепятся на *DIN*-рейку.

Таблица П50. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 76-31 «ЩИТ»**

Наименование параметра			ВА 76-3 1-1	ВА 76-3 1-2	ВА 76-3 1-3	ВА 76-3 1-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			80, 100			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*C*, *D*	*C*, *D*	*C*, *D*	*C*, *D*
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			4500			
Ресурс, количество циклов В-О	80~100 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в 1 ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			2,5—35,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs},%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛЗ			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А			Не более 15 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Тип *C* ($5I_n$~$10I_n$) — для защиты электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с небольшими пусковыми токами.

Тип *O* ($10I_n$~$20I_n$) — для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с большими пусковыми токами (трансформаторы, электродвигатели).

Автоматические выключатели ВА 77, 78, 80 имеют одинаковое назначение, такое же, как и ВА 76. Различаются они по техническим характеристикам, которые приведены ниже.

Таблица П51. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 77-29 «ЩИТ»**

Наименование параметра			ВА 77-29-1	ВА 77-29-2	ВА 77-29-3	ВА 77-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*B*, *C*			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			4500			
Ресурс, количество циклов В-О	1~32 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в 1 ч			
	40~63 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в 1 ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм²			1,0—25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs}, %			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛЗ			
Максимальная потеря мощности на один полюс:						
до 40 А			Не более 3 Вт			
до 63 А			Не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

ВА «ЩИТ»		Аналоги								
Серия	I_{cu}, А	ИЭК	ДЭК	ЭКФ	«Электроаппарат», г. Курск	«Тираспольский электроаппаратный завод»	Schneider Electric	ABB	LEGRAND	SIEMENS
ВА 77-29	4500	ВА 47-29	ВА 101	ВА 47-63	ВМ 40 (до 40 А)	ВА 66-29	ВА 63	*S* 230	—	5*SQ*3 5*SX*5

Таблица П52. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 77-31 «ЩИТ»**

Наименование параметра			ВА 77-3 1-1	ВА 77-3 1-2	ВА 77-3 1-3	ВА 77-3 1-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			80, 100			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*C*, *B*			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			6000			
Ресурс, количество циклов В-О	80~100 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в 1 ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			2,5—35,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs},%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А			Не более 15 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Таблица П53. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 78-29 «ЩИТ»**

Наименование параметра			ВА 78-29-1	ВА 78-29-2	ВА 78-29-3	ВА 78-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*B, C*	*B, C*	*B, C*	*B, C*
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			6000			
Ресурс, количество циклов В-О	1~32 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в 1 ч			
	40~63 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в 1 ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			1,0—25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:						
до 40 А			Не более 3 Вт			
до 63 А			Не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Таблица П54. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 78-31 «ЩИТ»**

Наименование параметра	ВА 78-3 1-1	ВА 78-3 1-2	ВА 78-3 1-3	ВА 78-3 1-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А	80, 100			
Номинальное рабочее напряжение Ue, В	230/400	400		
Номинальная частота, Гц	50			

Наименование параметра			ВА 78-3 1-1	ВА 78-3 1-2	ВА 78-3 1-3	ВА 78-3 1-4
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			*C, D*			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (Ic_u), А			6000			
Ресурс, количество циклов В-О	80~100 А	Электрический	Не менее 1500			
		Механический	Не менее 8500			
		Общий	10000			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			2,5—35,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs},%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А			Не более 15 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Таблица П55. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА 80-29 «ЩИТ»**

Наименование параметра	ВА 80-29-1	ВА 80-29-2	ВА 80-29-3	ВА 80-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А	1, 2, 3,4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32,40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В	230/400	400		
Номинальная частота, Гц	50			
Число полюсов	1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)	*B, C*			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А	4500			

Наименование параметра			ВА 80-29-1	ВА 80-29-2	ВА 80-29-3	ВА 80-29-4
Ресурс, количество циклов В-О	1~32 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в 1 ч			
	40~63 А	Электрический	Не менее 4000			
		Механический	Не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			От –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм²			1,0—25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}%			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:						
до 40 А			Не более 3 Вт			
до 63 А			Не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей, мм:						
сверху			50			
снизу			5			

Выключатель автоматический ВА 99 «ЩИТ» предназначен для обеспечения протекания тока в нормальном режиме, защиты электрических цепей при коротких замыканиях и перегрузках, а также для их оперативных включений и отключений. Применяются в основном в распределительных цепях переменного тока с напряжением до 690 В и номинальным рабочим током до 1250 А.

Обозначение параметров:

I_n — номинальный ток расцепителя;

U_e — номинальное рабочее напряжение;

$U_{ни}$ — номинальное напряжение изоляции;

I_{cu}, I'_{cu}, I''_{cu} — номинальная предельная наибольшая отключающая способность при 380, 415 и 660 В;

I_{cs}, I'_{cs}, I''_{cs} — номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при 380, 415 и 660 В.

Таблица П56. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА99 «ЩИТ»**

Тип	I_n	U_e	$U_{ни}$	I_{cu}	I'_{cu}	I''_c	I_{cs}	I'_{cs}	I''_{cs}
ВА 99-63 *S*/3	16, 20, 32, 40, 50, 63	415	500	10	5	7,5	3	—	—
ВА 99-63 *H*/3				25		17,5	8,5		
ВА 99-63 *H*/4									
ВА 99-100 *S*/3	16, 20, 32, 40, 50, 63, 80, 100	690	800	17,5	8,5	15	7,5	2	1
ВА 99-100 *H*/2				30	15		12,5	4	2
ВА 99-100 *H*/3						1			
ВА 99-100 *H*/4									
ВА 99-100 *R*/3				50	25	40	20	5	2,5
ВА 99-250 *S*/3	100, 125, 160, 180, 200, 225, 250	690	800	20	10	17,5	8,5	3	1,5
ВА 99-250 *H*/2				30	15	25	12,5	4	2
ВА 99-250 *H*/3									
ВА 99-250 *H*/4									
ВА 99-250 *R*/3				50	25	40	20	5	2,5
ВА 99-400 *S*/3	225, 250, 315, 350, 400			25	12,5	17	8,5	7,5	4
ВА 99-400 *H*/3				30	15	25	12,5	9	4,5
ВА 99-400 КЯ				50	25	40	20	12,5	6
ВА 99-6305/3	400, 500, 630			25	12,5	20	10	7,5	4
ВА 99-630 *H*/3				30	15	25	12,5	9	4,5
ВА 99-630 *R*/3		415	500	50	25	40	20	—	—
ВА 99-800 *H*/3	630, 700, 800								
ВА 99-800 *R*/3				55	27,5	45	22,5		
ВА 99-1250 *H*/3	700, 800, 900, 1000, 1250			50	25	40	20		

Выключатели автоматические ВА1-2000 марки «ЩИТ» являются современным продуктом на рынке России. Они разработаны на основе новейших технологий по защите электроустановок и предназначены для защиты и управления в цепях переменного тока с номинальным рабочим напряжением 400 В и 690 В и номинальным током до 2000 А. Выключатели ВА1-2000 используются в основном в цепях распределения питания и выпускаются в стационарном и выкатном исполнении, оснащаются механизмом механической блокировки.

Выключатели оснащены программируемой и точной селективной защитой, что позволяет улучшить надежность источников питания и избежать нежелательных отключений питания.

Выключатели используются на электростанциях, заводах, шахтах (при напряжении 690 В), высотных зданиях, особенно для программируемых распределительных сетей зданий.

Таблица П57. **Технические характеристики автоматических выключателей ВА1-2000 «ЩИТ»**

Номинальный предельный отключаемый ток КЗ, кА		I_{cu} = 80; 400 В; I_{cs} = I_{cw} = 50; 400 В
		I_{cu} = 20; 690 В; I_{cs} = I_{cw} = 15; 690 В
Номинальный ток I_n, А		400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000
Номинальное рабочее напряжение U_e, В		400/690
Номинальная частота, Гц		50
Число полюсов		3; 4
Номинальный ток для N полюсов I-N, А		50% I_n, 100% I_n
Номинальное напряжение изоляции U_i, В		1000
Время отключения, мс		23~32
Тип исполнения		Выкатные или стационарные
Ресурс, количество циклов В-О	Электрический срок службы	500
	Механический срок службы	Без обслуживания 2500
		С обслуживанием 10000
Тип уставки		Горизонтальный или вертикальный

2. Автоматические выключатели ELTIV (Компания «ИТЭЛМА-РЕСУРС», г. Москва)

Автоматические выключатели ELTIV предназначены для использования в низковольтных электрических сетях переменного тока. Защищают от перегрузки (большая мощность по сравнению с расчетной для проводников и силового оборудования) и короткого замыкания (прямой контакт проводников с различными потенциалами).

Срок службы не менее 16 лет.

Безопасность:

- корпус изготовлен из прочного, не поддерживающего горение пластика;
- биметаллическая пластина предназначена для защиты от токов перегрузки;
- электромагнитная катушка обеспечивает защиту от токов короткого замыкания;
- дугогасительная камера предотвращает образование искр при включении автоматического выключателя.

Надежность:

- подвижный контакт имеет специальное серебряно-палладиевое покрытие;
- неподвижный контакт с напайкой из тугоплавкой металлокерамической композиции.

Удобство установки:

- замок для установки на стандартную 35 мм монтажную *DIN*-рейку;
- универсальные зажимы из посеребренной меди и оцинкованной стали обеспечивают надежный контакт с проводниками сечением от 1 до 25 мм;
- универсальные винты делают удобной работу с любым видом отверток.

Технические характеристики автоматических выключателей ELTIV

Номинальный ток, А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Рабочее напряжение, В	230/400
Частота тока сети, Гц	50
Электрическая износостойкость, циклов В-О, не менее	6000
Механическая износостойкость, циклов включения-отключения, не менее	10000
Количество полюсов	1, 2, 3
Степень защиты	IP20
Характеристика срабатывания расцепителя	*B*, *C*
Максимальное сечение провода, присоединяемого к зажимам, мм^2	25
Диапазон рабочих температур, °С	От –40 до +50
Наличие драгоценных металлов (серебро), г/полюс	0,3—0,5

3. Выключатели вакуумные автоматические ВВА-1,14, ВВА2-1,14 (ФГУП «НПП «Контакт», г. Саратов)

Выключатели вакуумные, автоматические типа ВВА-1,14, ВВА2-1,14, открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, предназначены для проведения тока в номинальном режиме, для защиты при токах короткого замыкания, токах перегрузки и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого оперативного включения и отключения приемников электрической энергии.

Выключатели характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Могут изготавливаться по требованию заказчика на выкатном элементе, под ячейку конкретного распредустройства. Выключатель типа

ВВА2-1Д4 оснащен механизмом ручного технологического бестокового включения, увеличено количество свободных вспомогательных контактов.

Таблица П58. **Технические характеристики вакуумных выключателей серии ВВА**

<table>
<tr><th colspan="5">Наименование параметра</th><th colspan="2">Значение</th></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальное напряжение, кВ</td><td colspan="2">0,4; 0,66; 1,14; (0,38)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальный ток отключения, кА</td><td colspan="2">20 (31,5)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальный переменный ток 50 Гц главной цепи, А</td><td colspan="2">1000 (1250)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальное напряжение цепи управления пост./пер. тока, В</td><td colspan="2">220</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальный ток вспомогательных контактов, А</td><td colspan="2">10</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Коммутируемые токи вспомогательных контактов</td><td>U, В</td><td>12</td><td>24</td><td>10</td><td>220</td><td>440</td></tr>
<tr><td>$I_{пер}$, А</td><td>4,5</td><td>3,5</td><td>3,8</td><td>1,6</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>$I_{пост}$, А</td><td>1,0</td><td>0,5</td><td>0,12</td><td>0,06</td><td>0,03</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальное напряжение вспомогательных контактов, В, не более</td><td colspan="2">660</td></tr>
<tr><td colspan="5">Номинальный ток максимального расцепителя, А</td><td colspan="2">400; 500; 630; 800; 1000 (1250)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Собственное время включения, с, не более</td><td colspan="2">0,06 (0,08)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Собственное время отключения, с, не более</td><td colspan="2">0,04</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ток потребления электромагнита включения, А, не более</td><td colspan="2">12</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ток потребления электромагнита отключения, А, не более</td><td colspan="2">1,0</td></tr>
<tr><td colspan="5">Масса выключателя, кг, не более</td><td colspan="2">50</td></tr>
<tr><td colspan="5">Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С</td><td colspan="2">От –40 до +40</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ресурс по механической стойкости, циклов В-О</td><td colspan="2" rowspan="2">25000</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В-О</td></tr>
</table>

Выключатель поставляется как с блоком электронной токовой защиты, так и без блока (для применения в горно-рудной и других отраслях, где токовая защита своя). Электронная токовая защита обеспечивает следующие виды защит (одну или несколько в зависимости от типоисполнения выключателя или без защит):

- максимальная токовая защита каждой из фаз по перегрузу с выдержкой времени, зависимой от тока;
- максимальная токовая защита каждой из фаз по перегрузу с выдержкой времени, не зависимой от тока;
- токовая отсечка в зоне коротких замыканий с выдержкой времени, зависимой от тока;

- токовая отсечка в зоне коротких замыканий с выдержкой времени, не зависимой от тока;
- токовая отсечка в зоне коротких замыканий без выдержки времени;
- токовая защита по току утечки на землю с выдержкой времени, не зависимой от тока;
- минимальная защита каждой из фаз по напряжению с выдержкой времени;
- нулевая защита каждой из фаз по напряжению с выдержкой времени.

Устройство обеспечивает оперативную уставку пороговых уровней защиты.

Уставки защиты

Номинальный ток выключателя, А	630; 1000
Номинальный рабочий ток $I_{нр}$ в долях от номинального тока выключателя	0,63; 0,8; 1,0
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока (при токе $6 \times I_{нр}$) — t_1, с	4; 8; 16
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, независимой от тока — t_1, *с*	До 128 с с шагом 1 с
Уставка по току отсечки в зоне коротких замыканий с выдержкой времени — I_2, кратная $I_{нр}$	2; 3; 5; 7; 10
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токозависимой выдержкой времени (при токе — I_2) — t_2, *с*	0,1; 0,2; 0,3; 0,4
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токонезависимой выдержкой времени t_2, с	До 1,0 с с шагом 0,1 с
Уставка по току отсечки в зоне коротких замыканий без выдержки времени I_3, кратная $I_{нр}$	3; 5; 7; 10; 12; 16
Уставка по току утечки на землю, в долях от $I_{нр}$	0,4; 0,6; 1,0
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по току утечки на землю — t_3, с	0,1; 0,2; 0,4; 0,8
Номинальное напряжение минимального расцепителя	220; 230; 380; 400; 415; 660; 690; 725
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по нулевому и минимальному напряжению — t_4, с	0;0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0

Примечание. 1. При установке по току отсечки и току перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока, программируют неотключаемые установки.

2. При отдельном заказе программируют другие значения установок по требованию потребителя.

4. Автоматические выключатели ВА-88 (Международная электротехническая компания «ИЭК», г. Москва)

Автоматические выключатели серии ВА88 предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузке, недопустимых снижениях напряжения, а также для оперативных включений и отключений участков электрических цепей (не более 30 циклов в сутки) и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 400 В переменного тока частотой 50 Гц.

Число полюсов — 3.

Температура настройки расцепителей 40 °С.

Вид климатического исполнения УХЛ3.

Степень защиты:

- IP30 — оболочки выключателя;
- IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников.

Таблица П59. **Технические характеристики автоматических выключателей серии ВА-88**

<table>
<tr><th rowspan="2">Наименование параметра</th><th colspan="6">Значение параметров</th></tr>
<tr><th>ВА88-32</th><th>ВА88-33</th><th>ВА88-35</th><th>ВА88-37</th><th>ВА88-40</th><th>ВА88-43</th></tr>
<tr><td>Максимальный номинальный ток (установочный габарит) I_{nm}, А</td><td>125</td><td>160</td><td>250</td><td>400</td><td>800</td><td>1600</td></tr>
<tr><td>Номинальный ток теплового расцепителя, А</td><td>12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125</td><td>16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160</td><td>125; 160; 200; 250</td><td>250; 315; 400</td><td>400; 500; 630; 800</td><td>800; 1000; 1250; 1600</td></tr>
<tr><td>Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя</td><td colspan="2">500 А 10 I_n</td><td>10 I_n</td><td>10 I_n</td><td>10 I_n</td><td>Регулируемый (2×12)</td></tr>
<tr><td>Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}, кА</td><td>12,5</td><td>17,5</td><td>25</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">50</td></tr>
<tr><td>Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cs}, кА</td><td>25</td><td>35</td><td>35</td></tr>
</table>

Наименование параметра	Значение параметров					
	ВА88-32	ВА88-33	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-43
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} при $t \leq 0,25$ с, кА	—	—	—	—	—	20
Механическая износостойкость циклов В-О, не менее	8500	7000	7000	4000	4000	2500
Электрическая износостойкость циклов В-О, не менее	1500	1000	1000	1000	1000	500
Режим работы	Продолжительный					
Срок службы, лет, не менее	15					
Габариты, мм:						
ширина	101	120	140	184	280	280
высота	120	120	170	254	268	406
глубина	70	70	103,5	103,5	103,5	138,5
Масса, кг	1,2	4,1	5,1	9,6	17,2	20

Тепловые расцепители ВА88-33/35/37 имеют регулируемую уставку от 0,7 до 1 I_n. Электромагнитный расцепитель имеет фиксированный порог срабатывания 10 I_n.

Автоматический выключатель ВА88-43 обеспечивает защиту от перегрузки и короткого замыкания с помощью микропроцессорного расцепителя сверхтока, имеющего высокую надежность, точность срабатывания и независимость от температуры окружающего воздуха.

Требуется только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя.

Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одной фазе. Блок защиты включает в себя три или четыре (в зависимости от количества полюсов) трансформатора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя, питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и включает контакты сигнализации срабатывания расцепителя.

Действие механизма отключения может быть проверено подачей постоянного напряжения 12 В на гнезда «ТЕСТ».

Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной под ними мнемосхемы.

Области применения:

- малые и средние электроустановки. С малой установленной мощностью: жилые, общественные и административные здания;
- средние электроустановки. Со средней установленной мощностью или конечные потребители больших электроустановок, где допустимы перерывы в работе в случае повреждений;
- большие электроустановки. С недопустимыми перерывами в работе в случае повреждений, в которых остановка повлечет опасность для людей или большие убытки.

5. Автоматические выключатели ВА04-36, ВА06-36 (ОАО «Контактор», г. Ульяновск)

Выключатели предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках, а также для нечастых (до 6 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц и 220 В постоянного тока.

Допускается использование выключателей для нечастых прямых пусков асинхронных электродвигателей.

Выключатели работают в следующих условиях: высота над уровнем моря — до 4300 м. Значения номинального тока выключателей при эксплуатации на высоте 2000...4300 м:

Высота над уровнем моря, м	2000	3000	4300
Расчетное значение тока, А	386	378	370

Таблица П60. **Температура окружающего воздуха и относительная влажность в зависимости от исполнения выключателей и категории размещения:**

Исполнение выключателей	Категория размещения	Температура воздуха при эксплуатации, °С		Относительная влажность (верхнее значение)
		нижнее значение	верхнее значение	
УХЛТ	3	–50	+40	98% при 25 °С
	3	–10	+45	98% при 35 °С

Допускается эксплуатация выключателей при температуре окружающего воздуха 55 °С.

$I_{ном}$, А	$U_{ном}$ главной цепи	Число полюсов	Номинальный ток тепловых максимальных расцепителей, А	Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании в цепи, А		Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании для исполнения выключателя без тепловых расцепителей тока в цепи, А	
				Переменного тока	Постоянного тока	Переменного тока	Постоянного тока
80	До 660 В переменного тока частотой 50; 60 Гц; до 220 В постоянного тока	2 и 3	16; 20	250	800; 800; 1000; 1000; 1250; 1500	250	250
						300	300
						400	400
						500	5 (X)
						630	630
250			25; 31,5	300; 400		750; 1000; 1250; 1500; 2500; 3000	800; 800; 1000; 1250; 1500
			40; 50; 63	750			
			80	1000			
			100	1250			
			125	1500			
			160	2000			
			200	2500			
			250	3000			
400			320	3200	2000	3200	2000
			400	4000	2500	4000	2500

Примечание. Для выключателей с тепловыми максимальными расцепителями тока номинальный ток выключателя определяется номинальным током теплового максимального расцепителя тока, для выключателей без тепловых максимальных расцепителей тока номинальный ток выключателя равен 80, 250, 410 А.

Возможные циклы:

1) О—П—ВО—П—ВО (два цикла с паузой 15 мин между ними);

автоматических выключателей типа ВА04-36

Предельная коммутационная способность, кА					Общее количество циклов ВО		Количество циклов ВО под нагрузкой		Исполнение выключателя по способу установки
Действующее значение переменного тока при напряжении и коэффициенте мощности				При напряжении 220 В постоянного тока и постоянной времени не более 0,01 с	С ручным приводом	С электромагнитным приводом	380 В	660 В	
380 В	cos φ	660 В	cos φ						
3	0,8	3	0,8	8	16000	10000	6000		Стационарное, выдвижное, врубное
				—					
6	0,7	4	0,8	—					
18	0,3	10	0,5	35; 25					
20	0,3	10	0,5	40	1000		4000	2000	Стационарное
15				30					

2) О—П—ВО, П — пауза, которая равна 180 с;

3) в числителе О—П—ВО, в знаменателе О—П—ВО—П—ВО, П — пауза 180 с.

Таблица П62. **Технические характеристики**

$I_{ном}$, А	$U_{ном}$ главной цепи	Число полюсов	Номинальный ток тепловых максимальных расцепителей тока,. А*	Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании в цепи, А		Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании для исполнения выключателя без тепловых расцепителей тока в цепи, А	
				Переменного тока	Постоянного тока	Переменного тока	Постоянного тока
80	До 660 В переменного тока частотой 50; 60 Гц; до 220 В постоянного тока	2 и 3	—	—	—	250	250
						300	300
						400	400
						500	5 (X)
						630	630
250			16	250	—	750; 1000; 1250; 1500; 2000	800; 1000; 1250; 1500
			20				
			25; 31,5	300; 400			
			40	750			
			50				
			63				
			80; 100; 125; 160; 200; 250	1000; 1250; 1500; 20000	800; 1000; 1250; 1500		

* Расцепителя тока, для выключателей без тепловых максимальных расцепителей тока номинальный ток выключателя равен 80, 250 А.

Возможные циклы:

1) О—П—ВО, П — пауза, которая равна 180 с;

2) О—П—ВО—П—ВО (2 цикла с паузой 15 мин между ними).

автоматических выключателей типа ВА06-36

Предельная коммутационная способность, кА					Общее количество циклов ВО		Количество циклов ВО под нагрузкой		Исполнение выключателя по способу установки
Действующее значение цепи переменного тока при напряжении и коэффициенте мощности				При напряжении 220 В постоянного тока и постоянной времени не более 0,01 с	С ручным приводом	с электромагнитным приводом	380 В	660 В	
380 В	cos φ	660 В	cos φ						
32 >	0,8	32 >	0,8	8	16000	10000	6000		Стационарное, выдвижное, врубное
32	0,8	3	0,8	-					
6	0,7	4	0,8	-					
25	0,25	10	0,5	40					

6. Автоматические выключатели ВМ 40, АЕ 2060, ВД125, ВА57 (ОАО «Электроаппарат», г. Курск)

Модульные автоматические выключатели серии ВМ 40 предназначены для применения в электрических цепях с напряжением до 400 В переменного тока частотой 50 Гц, их защиты при перегрузках и коротких замыканиях, проведения тока в нормальном режиме и оперативных включений и отключений (до 30 раз в сутки) указанных цепей.

Выключатели предназначены для эксплуатации в электроустановках промышленного назначения, а также для защиты электроустановок зданий и аналогичных объектов, где обслуживание осуществляется обученным персоналом.

Технические характеристики автоматических выключателей ВМ 40

Уставка расцепителя тока короткого замыкания	$4I_n$ (тип *I*), $8I_n$ (тип *G*)
Номинальное рабочее напряжение в цепи переменного тока U_e, В,	230; 400
Номинальные токи I_n, А	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А	6000 — для выключателей на номинальный ток до 32А: 4000 — для выключателей на номинальные токи 40, 50, 63А
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}	0,75 I_{cu}
Потребляемая мощность на полюс, Вт	От 3 до 13 в зависимости от номинального тока
Сечение подключаемых проводников, мм^2	1,5...25
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+40
Масса, кг	0,255; 0,125; 0,380
Срок службы, лет	10
Износостойкость	Механическая — 10000 циклов; коммутационная — 4000 циклов

Допускается применять двухполюсные выключатели в цепях постоянного тока напряжением 110 В. При этом номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs} — 1500 А.

Выключатели типа АЕ2060М1 предназначены для применения в электрических цепях переменного тока частотой 50 или 60 Гц напряжением до 400 В с рабочими токами до 160 А для защиты от перегрузок и коротких замыканий, для нечастых оперативных включений и отключений линий.

Таблица П 6 3. **Типоисполнения автоматических выключателей типа АЕ2060**

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип выключателя</th><th colspan="2">Максимальный расцепитель, шт.</th><th rowspan="2">Независимый расцепитель</th><th colspan="2">Вспомогательный контакт, шт.</th></tr>
<tr><th>тока короткого замыкания (электромагнитный)</th><th>тока перегрузки (тепловой)</th><th>Замыкающий</th><th>Размыкающий</th></tr>
<tr><td>АЕ2066М 1-100</td><td rowspan="4">3</td><td rowspan="6">3</td><td rowspan="4">—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>АЕ2066М 1-200</td><td>1</td><td>—</td></tr>
<tr><td>АЕ2066М 1-300</td><td>—</td><td>1</td></tr>
<tr><td>АЕ2066М 1-400</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td>АЕ2066 М 1-120</td><td rowspan="2">2*</td><td>+</td><td colspan="2">—</td></tr>
<tr><td>АЕ2066 М 1-320</td><td rowspan="5"></td><td></td><td>1</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-100</td><td rowspan="6">3</td><td rowspan="6">—</td><td>—</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-200</td><td>1</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-300</td><td>—</td><td rowspan="2">1</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-400</td><td>1</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-120</td><td rowspan="2">+</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>АЕ2063 М 1-320</td><td>—</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="6">Примечание. + — наличие соответствующих расцепителей; — их отсутствие.
* В левом полюсе (1—2) на месте электромагнитного расцепителя установлен независимый расцепитель.</td></tr>
</table>

Условия эксплуатации:

- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- температура окружающего воздуха от –40 до +60 °С;

Выключатели удовлетворяют требованиям сейсмической стойкости при интенсивности землетрясения 9 баллов по МСК-84 на уровне установки до 70 м над нулевой отметкой, а для изделий систем атомных станций до 8 баллов.

Выключатели не чувствительны к электромагнитным помехам и предназначены для применения в условиях окружающей среды группы 2.

Рабочее положение выключателей в пространстве — на вертикальной плоскости знаком «I» (включено) — вверх; возможен поворот вправо или влево на 90°.

Степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями (IPOO для выводных зажимов; IP20 — для оболочки выключателя):

Технические характеристики автоматических выключателей типа АЕ2060

Номинальное рабочее напряжение (U_e), В	400
Минимальное рабочее напряжение, В	24
Номинальная частота, Гц	50; 60
Номинальные токи (I_n), А	16—160
Номинальный режим эксплуатации	Продолжительный
Уставки расцепителей тока короткого замыкания I/I_n	5; 10
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (U_{imp}), кВ	6
Износостойкость выключателей не менее, циклов включено-отключено (ВО):	
общая	8000
коммутационная при номинальном токе	1000
механическая, в том числе для выключателей с независимым расцепителем	700
циклов отключения под воздействием независимого расцепителя	800
Характеристики в условиях короткого замыкания:	
номинальная наибольшая включающая способность (I_{cm}), кА	24
номинальная предельная наибольшая отключающая способность при номинальном напряжении 400 В (I_{cu}), кА	12
номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при номинальном напряжении 400 В (I_{cs}), кА	9

Характеристики максимальных расцепителей тока

Расцепители тока короткого замыкания — электромагнитные мгновенного действия, при нагрузке любых двух полюсов:

при 0,8 токовой уставки не вызывают размыкание выключателя в течение	0,2 с;
при 1,2 токовой уставки обеспечивают размыкание выключателя в течение	0,2 с;
при нагрузке каждого полюса отдельно током 1,4 токовой уставки обеспечивают размыкание выключателя в течение	0,2 с.

Трехполюсные автоматические выключатели типа ВД125 предназначены для применения в электрических цепях переменного тока частотой 50 или 60 Гц напряжением до 400 В с рабочими токами до 125 А

для защиты от перегрузок и коротких замыканий (в том числе электродвигателей), для нечастых оперативных включений и отключений (до 30 в сутки) указанных цепей. Способы установки: на панели или при помощи адаптера на *DIN*-рейке 35 мм.

При правильно выполненной системе заземления выключатели предотвращают поражение человека электрическим током при косвенных прикосновениях.

Выключатели имеют степень защиты — IP20. Корпус выключателя выполнен из пластмассы, не поддерживающей горения. Высокая стабильность защитных характеристик обеспечивается применением термобиметалла шведской фирмы KANTHAL.

Токовые уставки расцепителей максимального тока (электромагнитных расцепителей):

- номинальный ток I_n, А......... 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125
- уставка, А............................. 600; 600; 800; 1000; 1000; 1000; 1200; 1200

Расцепители перегрузки (биметаллические расцепители) при номинальном токе до 63 А в течение 1 ч и при номинальном токе свыше 63 А в течение 2 ч не срабатывают при токе 1,05 I_n и срабатывают при токе 1,30 I_n

Технические характеристики автоматических выключателей ВД125

Номинальное рабочее напряжение, В (Гц)	400 (50—60)
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ	6
Номинальные токи (I_n) расцепителей выключателей, А	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63, 80; 100; 125
Номинальный режим эксплуатации	Продолжительный
Номинальная наибольшая включающая способность (I_{cm}), кА	36
Предельная коммутационная способность (I_{cu}), кА	25
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (I_{cs}), кА	10
Износостойкость:	
общая (механических циклов)	8500
коммутационная (электрических циклов)	4500
Номинальные напряжения обмоток независимого расцепителя, В (Гц)	36; 110; 230; 400 (50—60) 48; 110; 220 В постоянного тока

Категория применения вспомогательных контактов	АС 15
Сечение подключаемых проводников, мм^2	1,5...50 (без кабельных наконечников)
Диапазон рабочих температур, °С	От –60 до +40
Выключатели допускают работу на высоте над уровнем моря, м	До 2000
Рабочее положение выключателей в пространстве	Вертикальное, знаком «I» (включено) — вверх
Выключатели допускают повороты в плоскости установки	До 90° в любую сторону
Срок службы выключателей, лет	10
Климатическое исполнение	УХЛЗ
Габариты, мм:	120×75×82
Масса, кг:	
выключателя (без адаптера)	0,8
адаптера	0,07

Выключатель имеет: независимый расцепитель, кнопку тестирования МСР, регулируемую уставку расцепителя перегрузок и возможность монтажа на *DIN*-рейку 35 мм.

Трехполюсные автоматические выключатели типа ВА57-35 предназначены для проведения тока в номинальном режиме в электросетях напряжением 400/690 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, их зашиты от токов короткого замыкания и перегрузки, а также для нечастых оперативных включений и отключений с частотой до 30 циклов ВО в сутки.

Технические характеристики автоматических выключателей типа ВА57-35

Номинальное рабочее напряжение, В(Гц)	400/690 (50 или 60)
Номинальные токи (I_n) расцепителей выключателей, А	63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Уставка электромагнитного расцепителя, А	500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu}):

Номинальный ток расцепителя, А	63	80	100	125	160	200	250
I_{cu}, кА при U 400 В	15	25	30	35		40	
690 В	12		15			18	

Износостойкость: общая (механических циклов)	16000
коммутационная (электрических циклов)	4000
Срок службы выключателей, не менее, лет	10
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	От –60 до +40
Выключатели допускают работу на высоте над уровнем моря, м	До 2000
Габариты, мм	174,5×112×130
Масса выключателя, кг	2,5

Внутри корпуса выключателя могут быть установлены дополнительные сборочные единицы — независимый расцепитель (НР), расцепитель минимального напряжения (РМ I_n), расцепитель нулевого напряжения (Р0), свободные контакты (СК), вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения (ВКС).

Независимый электромагнитный расцепитель обеспечивает отключение включенного выключателя при подаче на выводы катушки расцепителя напряжения постоянного или переменного тока. Шкала номинальных напряжений: 127; 230; 400 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц и 24; 110; 220 В постоянного тока.

Расцепитель нулевого напряжения обеспечивает отключение без выдержки времени включенного выключателя при снижении напряжения сети до 10—35% от номинального значения; не производит отключения включенного выключателя при напряжении сети выше 55% от номинального; не препятствует включению выключателя при напряжении сети 85% от номинального и выше; препятствует включению выключателя при напряжении сети 10% от номинального и ниже.

Расцепитель минимального напряжения обеспечивает отключение без выдержки времени включенного выключателя при снижении напряжения сети до 35...70% от номинального значения; не производит отключения включенного выключателя при напряжении сети выше 70% от номинального; не препятствует включению выключателя при напряжении сети 85% от номинального и выше; препятствует включению выключателя при напряжении сети 35% от номинального и ниже.

Свободные контакты (два замыкающих и два размыкающих с двойным разрывом) предназначены для коммутации цепей управления переменного и постоянного тока.

Вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения (микропереключатель МП 10) связаны с механизмом свободного расцепления и не изменяют своего коммутационного состояния при оперативных коммутациях. Внешние проводники от дополнительных

сборочных единиц (гибкие медные, сечением 0,35—1,5 мм[2]) выводятся в одной или нескольких изоляционных трубках. Длина выведенных проводников — 800—1000 мм.

Характеристика электромагнитных расцепителей:

- при 0,8 токовой уставки расцепители не вызывают размыкание выключателя в течение 0,1 с, а при 1,2 токовой уставки — обеспечивают размыкание выключателя в течение 0,04 с.

Характеристики тепловых расцепителей:

- при температуре окружающей среды 20 °С и токе 1,05 I_n расцепители не вызывают размыкания выключателя в течение 1 ч (в выключателе с расцепителем на 63 А) и в течение 2 ч (в выключателях с расцепителями на токи свыше 63 А), а при токе 1,3 I_n обеспечивают размыкание выключателя в течение 1 и 2 ч соответственно;
- корпус выключателя выполнен из ударо- и дугостойкой пластмассы, контактная система — из специально подобранной серебросодержащей металлокерамической композиции. Стабильность защитных характеристик обеспечивается аналогично выключателю ВД125.

7. Выключатели автоматические ВА61 (ОАО «Дивногорский завод низковольтных автоматов», г. Дивногорск)

Выключатели типа ВА61-31 предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключении тока при коротких замыканиях и перегрузках, а также до 30 оперативных включений и отключений электрических цепей в сутки и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 220/380 В переменного тока частотой 50, 60 Гц и постоянного тока до 220 В. Выключатели типа ВА61-31 предназначены для эксплуатации в электроустановках промышленного и бытового назначения.

Условия эксплуатации:

- категория применения — А;
- рабочее положение выключателя в пространстве на вертикальной плоскости с возможностью поворота от вертикального положения в указанной плоскости на 90°±10° в обе стороны;
- высота над уровнем моря до 2000 м;
- виды климатических исполнений выключателя УХЛЗ и ТЗ;
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями:
  - IP20 — оболочки выключателя;
  - IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников;
  - IP20 — зажимов для присоединения внешних проводников к выключателям с козырьками;

— класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током — 0;
— пожарная безопасность выключателей, характеризуемая показателем вероятности возникновения пожара, составляет не более 10^{-6} в год,

- гарантийный срок эксплуатации 3 года со дня ввода выключателей в эксплуатацию.

Технические характеристики выключателя ВА61-31

Номинальный ток выключателя I_n, А	125
Номинальное рабочее напряжение главной цепи 50; 60, В	–220/380; =220
Износостойкость выключателя, общее количество циклов:	
общая	12500
коммутационная	8000
Количество циклов ВО под действием максимальных расцепителей тока	200

Таблица П64. **Типы расцепителей и область применения автоматов ВА61-31**

Тип	Область применения	
Бытовые	Тип *B*	Для защиты электрических сетей административных и жилых зданий
	Тип *C*	Для защиты электрических сетей административных и жилых зданий в качестве вводного выключателя и для потребителей с большими пусковыми токами
	Тип *D*	Аналогично *C*, но с еще большими пусковыми импульсами тока, например трансформаторы или электродвигатели
Промышленные	Тип *Z*	Для защиты измерительных цепей, цепей управления и других сетей с высоким сопротивлением
	Тип *L*	Для защиты промышленных электрических сетей
	Тип *K*	Для защиты промышленных электрических сетей, электродвигателей, ламп

Таблица П65. **Характеристики расцепителей и коммутационные возможности ВА61-31**

Тип выключателя		ВА61-31 (*K*, *L*, *Z*)		ВА61-31 (*D*, *C*, *B*)
Номинальный ток I_n, А при контрольной температуре	40 °С	50; 63; 80	100; 125	—
	30 °С	—		50; 63; 80; 100; 12
Номинальное рабочее напряжение U_e, В		~220/380 50, 60 Гц	=220	—

Тип выключателя	ВА61-31 (*K*, *L*, *Z*)		ВА61-31 (*D*, *C*, *B*)
Защита от токов перегрузки	1,05—1,3 I_n		1,13—1,45 I_n
Защита от токов короткого замыкания, уставки по току	*K*(12 I_n); *L*(8 I_n); *Z*(4 I_n)		*D*(10—20 I_n) *C*(5—10 I_n); *B*(3—5I_n)
Наибольшая предельная отключающая способность I_{cn} (I_{cu}), кА	10	25	10
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs}%I_{cn} (I_{cu})	100%		

Автоматические выключатели серии А3700Ф, Б, БР. Выключатели А3710Б могут поставляться на АЭС. Условное обозначение выключателей выдвижного исполнения, предназначенных для поставки на АЭС — «БЭ».

Условия эксплуатации

- рабочее положение выключателя в пространстве на вертикальной плоскости с возможностью поворота от вертикального положения в указанной плоскости на 90°±10° в обе стороны;
- высота над уровнем моря до 1000 м, допускается использование на высоте 2000 м со снижением токовой нагрузки на 10%;
- виды климатических исполнений выключателя УЗ, ХЛЗ и ТЗ;
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями:
  — IP20 — оболочки выключателя;
  — IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников;
  — класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током — 0;
  — пожарная безопасность выключателей, характеризующаяся показателем вероятности возникновения пожара в выключателях (связанным с возможным возгоранием аппаратов) составляет не более 10^{-6} в год;
- гарантийный срок эксплуатации: 2 года со дня ввода выключателей в эксплуатацию.

Таблица П66. **Износостойкость выключателей**

Наименование параметра		А3710Ф	А3710Б	А3700БР
Номинальный ток выключателя I_n, А		160		
Номинальное рабочее напряжение главной цепи, В	50; 60 Гц	380	—	660
	400 Гц	—	380	—
	Постоянный	220	—	440

Наименование параметра		А3710Ф	А3710Б	А3700БР
Износостойкость выключателя	Общее количество циклов В-О	16000		
	Количество циклов В-О под нагрузкой	10000		
Количество циклов В-О под действием максимальных расцепителей тока		200		

8. Автоматические выключатели ВА09, ВА52 (ОАО «Ново-Вятка», г. Киров)

Выключатели серии ВА09-33, ВА52-XX предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках, а также для нечастых включений и отключений (до 30 раз в сутки) электрических цепей. Выключатели рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 440 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Допускается использовать выключатели для нечастых прямых пусков и защиты асинхронных электродвигателей в категории применения АС3.

Условия эксплуатации:

- нормальное рабочее положение выключателей стационарного исполнения в пространстве на вертикальной плоскости (выводами 1, 3, 5 вверх) с возможностью поворота от этого положения в указанной плоскости на 90° в обе стороны. Допустимые отклонения от рабочего положения ±5°;
- место установки выключателя, защищенное от попадания воды, масла, эмульсии и т.п.;
- высота над уровнем моря для ВА52-XX до 4300 м, для ВА09-33 до 2000 м;
- класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током 0;
- пожарная безопасность выключателей, характеризующаяся показателем вероятности возникновения пожара в выключателях (связанным с возможным возгоранием аппаратов), составляет не более 10^{-6} в год;
- виды климатических исполнений выключателей УХЛ3; УХЛ3.1; Т3;

- температура окружающего воздуха при эксплуатации: ВА52-XX от –50 °C до +55 °C; ВА09-33 от –60 °C до +55 °C;
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями: IP20 — оболочки выключателя; IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников.

Таблица П67. **Технические характеристики выключателей ВА09 и ВА52**

Наименование параметра		ВА09-33	ВА52-37	ВА52-38
Номинальный ток выключателя, А		160	400	500
Номинальное напряжение главной цепи, В	50, 60 Гц	660		
	Постоянный	220	440	
Номинальный ток теплового расцепителя, А		40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	160, 250, 320, 400	500
Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А	50, 60 Гц	800, 1200, 1900	1600, 2500, 3200, 4000	4000
	Постоянный	800, 1000	2500, 2600	3000
Предельная коммутационная способность, kA/cos φ	380 В	60/0,2	35/0,25	235/0,25
	660 В	6/0,3	20/0,3	20/0,3
	Постоянный	60	85	80
Износостойкость выключателя	Общее количество циклов В-О	16000		
	Количество циклов В-О под нагрузкой	10000	2000	
Количество циклов В-О под действием максимальных расцепителей тока		25		
Количество циклов В-О в режиме АСЗ при напряжении 380 В	4000	6300		

Таблица П68. **Значения номинальных токов выключателей ВА52-XX при эксплуатации на высоте**

Номинальный ток расцепителя, А	Расчетное значение тока на высоте над уровнем моря, м		
	2000	3000	4300
160	154	151	148
250	241	236	231

Номинальный ток расцепителя, А	Расчетное значение тока на высоте над уровнем моря, м		
	2000	3000	4300
320	309	302	296
400	386	378	370
500	483	475	463

Контакторы

Контактор является коммутационным аппаратом, предназначенным для частых коммутаций электрических цепей при номинальных режимах работы.

Контакторы переменного тока в основном применяют для управления асинхронными двигателями (АД), работающими в разных режимах, включения трехфазных трансформаторов и т.д.

Контактор в комплекте с тепловым реле образуют коммутационный аппарат управления — магнитный пускатель.

Магнитные пускатели применяют для дистанционного управления трехфазными АД с короткозамкнутым ротором. Пускатели осуществляют пуск и останов электродвигателей (нереверсивные пускатели); пуск, останов и реверс электродвигателей (реверсивные пускатели); защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности. Выпускаемые нашей промышленностью контакторы и пускатели имеют определенную область применения. Так, например, для включения и отключения АД с короткозамкнутым ротором применяют контакторы серии КМ13, КТ12Р, пускатели ПМЕ, ПМА, ПМЛ и др.

Кроме того, контакторы и пускатели имеют определенные климатические исполнения и, следовательно, могут надежно работать в условиях, соответствующих этим исполнениям.

1. Контакторы вакуумные КВТ (ФГУП «НПП „Контакт"», г. Саратов)

Вакуумные контакторы низковольтные серии КВТ-1.14 общепромышленного назначения открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, встраиваемые в комплектные устройства, предназначены для частых коммутаций электрических цепей переменного тока частотой 50 Гц с напряжением до 1140 В.

Контакторы встраивают в комплектные устройства электроустановок для включения и отключения приемников электрической энергии. Вакуумные контакторы характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Конструктивно контакторы выпускают в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях с напряжением цепи управления как переменного тока, так и универсальные: переменного и постоянного тока.

Таблица П69. **Технические характеристики вакуумных контакторов серии КВТ-1.14**

Наименование параметра	Значение параметра		
	КВТ-1.14-2,5/160УЗ	КВТ-1.14-2,5/250 УЗ	КВТ-1.14-4/400 УЗ
Номинальное напряжение, В	380; 660; 1140		
Номинальный ток, А	160	250	400
Ток отключения, кА	2,5	2,5	3,5
Собственное время включения, не более, с	0,06		
Собственное время отключения, не более, с	0,14		
Номинальное напряжение цепи управления, В:			
постоянного и переменного тока	ПО	220	220
переменного тока	ПО	220	380
Ток электромагнита при включении (средний), А, не более	6	3	2,5
Мощность потребления при удержании во включенном положении, не более, Вт:			
постоянного и переменного тока	24		
переменного тока	15		
Номинальный ток вспомогательных контактов, А	10		
Коммутируемые токи вспомогательных контактов при напряжениях, В	12; 24; 110; 220; 440		
переменный ток, А	4,5; 3,5; 2,8; 1,6; 0,5		
постоянный ток, А	1,0; 0,5; 0,12; 0,06; 0,03		
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	+55...−60		
Ресурс по механической стойкости, циклов В-О	1600000		
Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В—О: АС4/АС-3	500000/1600000		
Масса, не более, кг	6,5		
Сквозные токи (термической стойкости), А:			
в течение 1 полуволны (амплитудное)	10000	10000	12000

Наименование параметра	Значение параметра		
	КВТ-1.14-2,5/160УЗ	КВТ-1.14-2,5/250 УЗ	КВТ-1.14-4/400 УЗ
в течение 0,2 с (действующее)	6000	6000	7000
в течение 10 с	1300	2000	3200

Контакторы предназначены для работы в следующих режимах:

- продолжительном;
- прерывисто-продолжительном;
- кратковременном;
- повторно-кратковременном.

Вакуумные контакторы низковольтные КВТ2-1.14 общепромышленного назначения открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, встраиваемые в комплектные устройства; предназначены для частых коммутаций электрических цепей переменного тока частотой 50 Гц с напряжением до 1140 В. Контакторы встраиваются в комплектные устройства электроустановок для включения и отключения приемников электрической энергии.

Вакуумные контакторы характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой.

Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Конструктивно контакторы выпускаются в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях с напряжением цепи управления как переменного тока, так и универсальные: постоянного и переменного тока.

Таблица П70. **Технические характеристики вакуумных контакторов серии КВТ-2-1.14**

Наименование параметра	Значение параметра	
	КВТ2-1.14-5/630 УХЛ2	КВТ2-1.14-6,3/1000 УХЛ2
Номинальное напряжение, В	380, 660, 1140	380, 660, 1140
Номинальный ток, А	630	1000
Ток отключения, кА	5	6,3
Собственное время включения, с, не более	0,08	
Собственное время отключения, с, не более	016	
Номинальное напряжение цепи управления, В:		
переменного тока	10; 220; 380	

Наименование параметра		Значение параметра	
		КВТ2-1.14-5/630 УХЛ2	КВТ2-1.14-6,3/1000 УХЛ2
постоянного и переменного тока		10; 220	
Ток электромагнита при включении (средний), А, не более		6; 3; 2,5	
Мощность потребления при удержании во включенном положении, Вт, не более:			
постоянного и переменного тока		30	
переменного тока		15	
Номинальный ток вспомогательных контактов, А		10	
Коммутируемые токи вспомогательных контактов при напряжениях, В		12; 24; 110; 220; 440	
Коммутируемые токи вспомогательных контактов	переменный ток, А	4,5; 3,5; 2,8; 1,6; 0,5	
	постоянный ток, А	1,0; 0,5; 0,12; 0,06; 0,03	
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С		От –60 до +50	
Ресурс по механической стойкости, циклов В-О		500000	300000
Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В-О		500000	300000
Масса, кг, не более		17,5	
Сквозные токи, А:			
в течение 1 полуволны (амплитудное);		13000	15000
в течение 0,2 с (действующее);		8000	9000
в течение 10 с		5000	8000

Контакторы предназначены для работы в следующих режимах:

- продолжительном;
- прерывисто-продолжительном;
- кратковременном.

2. Низковольтные вакуумные контакторы LSM/TEL (РК «Таврида Электрик», г. Москва)

Низковольтные вакуумные контакторы LSM/TEL предназначены для коммутации электрических цепей переменного трехфазного тока промышленной частотой 50 Гц с номинальным на-

пряжением до 1140 В при работе в нормальных условиях и при перегрузках.

Контакторы применяются в составе комплектных низковольтных устройств в качестве комплектного изделия для частых коммутаций. Устанавливаются в пусковых сборках, станциях и блоках управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым и фазным ротором, в системах дистанционного управления приводами; могут быть использованы в устройствах автоматического включения резерва.

Технические характеристики контакторов LSM/TEL

Номинальное напряжение, В(~)	
LSM/TEL-1-4/400-350	1140
LSM/TEL-1-4/400-3 51	127/220
LSM/TEL-1-4/400-352	220/380
Номинальный ток (категории АС-3, АС-4), А	400
Номинальный ток отключения, кА	4
Номинальный ток включения, кА	4
Ток электродинамической стойкости, кА, амплитудный.	10
Номинальный кратковременно допустимый ток, 10 с, кА	3,2
Механический ресурс, циклов В-О, не менее	2000000
Максимальное количество В-О операций в 1 ч	600
Коммутационный ресурс при номинальном токе, циклов В-О	2000000
Время включения, мс, не более	50
Время отключения, мс, не более	60
Время отключения полное, мс, не более	80
Температура индикации перегрева, °С	70±3
Сопротивление главных контактов, мкОм, не более	90
Температура аварийного самоотключения, °С	80±3
Степень	IP40
Срок службы, лет	25
Масса, кг, не более	10

Вакуумные контакторы имеют электромагнитный привод и встроенный микропроцессорный блок управления с функцией самоконтроля; климатическое исполнение — У3; диапазон рабочих тем-

пературː от –40 °С до + 55 °С; наибольшая высота над уровнем моря 2000 м. В состав контакторов исполнения 351 и 352 входят блоки ограничителей перенапряжений (ОПН) типа SAU/TEL.

Технические характеристики ОПН

Наименование параметра	SAU 230	SAU 400
Номинальное напряжение, В	220	380
Максимальный импульсный ток, А (8/20 мкс)	8000	8000
Максимальная энергия поглощения, Дж (2мс)	100	135
Средняя мощность рассеивания, Вт	1	1

3. Контакторы переменного тока КТЩ (Электротехническая компания «ЭНЕРГО-ЩИТ», г. Москва)

Контакторы переменного тока КТЩ11 и КТЩ12 марки «ЩИТ» предназначены для применения в сетях с частотой 50 Гц, номинальным рабочим напряжением до 660 В и номинальным рабочим током до 630 А. С помощью КТЩ11 и КТЩ12 обеспечивается управление оборудованием во многих отраслях промышленности: для электроцепей с двигателями, где требуется их реверсирование, запуск, остановка, блокирование тормозов, дистанционное управление крановым, прокатным и другим оборудованием.

Контакторы переменного тока КТЩ21 марки «ЩИТ» применяют в цепях с частотой 50 Гц, номинальным рабочим напряжением до 660 В или 1140 В и номинальным рабочим током до 1000 А. Используют для управления оборудованием, включения и отключения цепи, защиты цепей от возможной перегрузки при пуске электродвигателя.

При наличии в цепи электродвигателя контактор следует доукомплектовать соответствующим термореле и устройством электронной защиты.

Таблица П71. **Технические характеристики контакторов КТЩ11,12 (серия 11 — с медными контактами; серия 12 — с серебряными контактами)**

Наименование параметра	Значение параметра									
	КТЩ11-100	КТЩ11-160	КТЩ11-250	КТЩ11-400	КТЩ11-630	КТЩ12-100	КТЩ12-160	КТЩ12-250	КТЩ12-400	КТЩ12-630
Номинальный рабочий ток, А	100	160	250	400	630	100	160	250	400	630
Номинальное рабочее напряжение, В	660									

Наименование параметра			Значение параметра									
			КТЩ11-100	КТЩ11-160	КТЩ11-250	КТЩ11-400	КТЩ11-630	КТЩ12-100	КТЩ12-160	КТЩ12-250	КТЩ12-400	КТЩ12-630
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В	Постоянный ток		127,220,380									
	Переменный ток		48, 110,220									
Номинальное рабочее напряжение, В	380 В	АС-2	100	160	250	400	630	100	160	250	400	630
		АС-4	100	160	250	400	630	100	160	250	400	500
	660 В	АС-2	63	80	160	250	400	63	80	160	250	400
		АС-4	63	80	160	250	315	63	80	160	250	315
Наибольшая частота включений в 1 ч			600			300		600			300	
Ресурс	Механическая износостойкость, количество циклов В-О — 10^6		6			3		64			3	
	Коммутацион. износостойкость, количество циклов В-О — 10^6		180			120		240			150	
Вспомогательные контакты	Замыкающий		2			3		4			5	
	Размыкающий		4			3		2			1	

Контакторы классифицируют:

- по номинальному рабочему току, А: 9, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000;
- по числу полюсов: 3, 4;
- по номинальному напряжению катушки: переменного тока, В: — 110, 127, 220, 380;
- постоянного тока, В: — 110, 220.

Таблица П72. **Технические характеристики контакторов серии КТЩ21**

Тип	Напряжение изоляции, В	Максимальный номинальный ток, А	Мощность на выходе, кВт, при напряжении				Ресурс, механические циклы В—О	Потребляемая мощность катушки, Вт	Мощность обмотки	
			220	380	660	1140			Срабатывания	Удержания
КТЩ21-9	690	20	2,2	4	5,5	—	1200	100	76	13,5
КТЩ21-12			3	5,5	7,5	—				
КТЩ 21-16		32	4	7,5	13	—			101	14,5
КТЩ 21-25			7,5	11	13	—				
КТЩ 21-32		60		15	15	—			210	28,5
КТЩ 21-40			11	18,5	18,5	—				
КТЩ 21-50			15	25	25	—				
КТЩ 21-63	1140	80	18,5	30	55	—		120	480	57
КТЩ 21-80			22	37	55	—				
КТЩ 21-100		125	30	45	75	—				
КТЩ 21-125			37	55	75	55				
КТЩ 21-160		250	45	75	110	—			880	88
КТЩ 21-200			250	250	110	—				
КТЩ 21-250			75	132	110	110				
КТЩ 21-315		500	90	160	300	—	600	60	1710	152
КТЩ 21-400			110	220	500	—				
КТЩ 21-500			150	280	300	220				
КТЩ 21-630		1000	200	335	475	—	300	30	3578	11,5
КТЩ 21-800			250	450	475	—				
КТЩ 21-1000			360	625	475	600				

Таблица П73. **Дополнительные технические характеристики контакторов серии КТЩ21**

Тип	Условный нагревающий ток, А	Номинальное напряжение изоляции, В	Номинальное рабочее напряжение, В		Номинальный рабочий ток, А	
КТЩ21-9-25	10	690	380	220	0,26	0,14
			220	110	0,45	0,27
КТЩ21-32-50	10	690	380	220	0,26	0,14
			220	110	0,45	0,27
КТЩ21-63-250	10	690	380	220	0,8	0,27
			220	110	1,4	0,6
КТЩ21-315-1000	10	690	380	220	1,3	0,27
			220	110	2,3	0,6

Контакторы КТЩ22 марки «ЩИТ» используются в основном в цепях переменного тока частотой 50 Гц с номинальным рабочим напряжением до 1000 $В_{ис}$, номинальным рабочим током до 630 А, а также для дистанционного включения и отключения цепи.

При подключении к нужному тепловому реле перегрузки контактор может образовать электромагнитный пускатель для защиты цепи от перегрузки.

КТЩ22 удобен в обслуживании благодаря возможности легкого изъятия узла сердечника магнита и установки его обратно. Конструкцией модели предусмотрен малый дуговой промежуток, что делает ее очень компактной, также предусмотрена возможность установки механической блокировки в вертикальном положении на комплект из трех контакторов.

Таблица П74. **Технические характеристики контакторов серии КТЩ22 (токи 100, 160, 200, 250 А)**

Наименование параметра			Значение параметра			
			КТЩ 22-100	КТЩ 22-160	КТЩ 22-200	КТЩ 22-250
Номинальный рабочий ток, А	380 В	АС-3	100	160	200	250
	660 В	АС-4	63	100	120	150
Условный нагревающий ток, А			200	275	2715	315330
Номинальное рабочее напряжение, В			1000			
Мощность управляемого 3-фазного асинхронного двигателя (АС-3), кВт	380 В		50	80	100	120
	660 В		60	100	110	145

Наименование параметра			Значение параметра			
			КТЩ 22-100	КТЩ 22-160	КТЩ 22-200	КТЩ 22-250
Рабочих циклов в 1 ч (АС-3)			1200		600	
Электрических срабатываний (10^4 раз) АС-3			120	100		80
Механических срабатываний (10^4 раз)			1000	600		
Число полюсов			3			
			4			
Модель и код обмотки	Мощность, Вт	Срабатывания	660	966	966	840
		Удержания	54	66	66	12
	Управляющее напряжение, В	Код обмотки				
		110	FF110	FG110	FG110	FH110J
		127	FF127	FG127	FG127	FH127J
		220	FF220	FG220	FG220	FH220J
		380	FF380	FG380	FG380	FH380J
Диапазон напряжений	Срабатывания		85%~110% U_s			
	Отпускания		20%~110% U_s			
Диапазон рабочих температур, °С			От –25 до +55			

Таблица П75. **Технические характеристики контакторов серии КТЩ22 (токи 300, 400, 630 А)**

Наименование параметра			Значение параметра		
			КТЩ 22-300	КТЩ 22-300	КТЩ 22-630
Номинальный рабочий ток, А	380 В	АС-3	300	400	630
	660 В	АС-4	235	303	462
Условный нагревающий ток, А			380	450	800
Номинальное рабочее напряжение, В			1000		
Мощность управляемого 3-фазного асинхронного двигателя (АС-3), кВт	380 В		145	180	335
	660 В		205	260	450
Рабочих циклов в 1 час (АС-3)			600		
Электрических срабатываний (10^4 раз) АС-3			80		
Механических срабатываний (10^4 раз)			600		

Наименование параметра			Значение параметра		
			КТЩ 22-300	КТЩ 22-300	КТЩ 22-630
Число полюсов			3		
			4		
Модель и код обмотки	Мощность, Вт	Срабатывание	840	1380	2076
		Удержание	12	22	30
	Управляющее напряжение, В		Код обмотки		
		ПО	FH110J	FJ110J	FL110J
		127	FH127J	FJ127J	FL127J
		220	FH220J	FJ220J	FL220J
		380	FH380J	PJ380J	FL380J
Диапазон напряжений		Срабатывания	85%~110% U_s		
		Отпускания	10%~110% U_s		
Диапазон рабочих температур, °С			От –25 до +55		

4. Контакторы КМИ, КТИ (Международная электротехническая компания «ИЭК»)

Малогабаритные контакторы КМИ общепромышленного применения на токи нагрузки от 9 до 95 А предназначены для пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на напряжение переменного тока до 660 В.

Контакторы в комплекте с трехполюсными тепловыми реле серии РТИ служат для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и сверхтоков, возникающих при обрыве одной из фаз.

Контакторы позволяют дистанционно управлять цепями освещения, нагревательными цепями, коммутировать трехфазные конденсаторные батареи и первичные обмотки трехфазных низковольтных трансформаторов.

Условия эксплуатации:

- категории применения — АС1, АС3, АС4;
- температура окружающей среды: при эксплуатации от –25 до +50 °С; нижняя предельная температура при хранении от –45 до +50 °С;
- максимальная рабочая высота — 3000 м;
- рабочее положение — вертикальное с отклонением ±30°;
- вид климатического исполнения УХЛ4;
- степень защиты IP20.

Таблица П76. **Технические характеристики контакторов КМИ**

Наименование параметра		Тип: КМИ-10910; КМИ-10911	КМИ-11210; КМИ-11211	КМИ-11810; КМИ-11811	КМИ-22510; КМИ-22511	КМИ-23210; КМИ-23211	КМИ-34012	КМИ-35012	КМИ-46512	КМИ-48012	КМИ-49521
Номинальное рабочее напряжение переменного тока U_e, В		230; 400; 660									
Номинальное напряжение изоляции U_i, В		660									
Номинальное импульсное напряжение U_{imp}, кВ		8									
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 (U_e < < 400 В), А		9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Условный тепловой ток I_{th} (t < < 40 °С), категория применения АС-1, А		25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Номинальная мощность по АС-3, кВт	230 В	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	400 В	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	660 В	5,5	7,5	10	15	18,5	30	33	37	45	45
Максимальная кратковременная нагрузка, А		162	216	324	450	576	720	900	1170	1440	1710
Условный ток короткого замыкания, А		1000		3000						5000	
Защита от сверхтоков — предохранитель gG, А		10	20	25	40	50	50	63	80	100	100

Наименование параметра		Тип									
		КМИ-10910; КМИ-10911	КМИ-11210; КМИ-11211	КМИ-11810; КМИ-11811	КМИ-22510; КМИ-22511	КМИ-23210; КМИ-23211	КМИ-34012	КМИ-35012	КМИ-46512	КМИ-48012	КМИ-49521
Мощность рассеяния при I_e, Вт/полюс	АС-3	0,2	0,36	0,8	1,25	2	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2
	АС-1	1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	9,6	6,4	12,5	12,5

Контакторы КМИ в сборе с электротепловым реле (ЭТР) в оболочке с кнопками управления «Пуск»-«Стоп» предназначены для дистанционного пуска и остановки трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на напряжение переменного тока 400 В, а также для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и сверхтоков, возникающих при обрыве одной из фаз.

Серия контакторов общепромышленного применения «ИЭК» включает типоисполнения на ток нагрузки от 115 до 630 А. Эти контакторы выделены в отдельную группу с обозначением: «КТИ — контакторы тяжелые». Функционально группа КТИ аналогична КМИ, но конструктивно имеет ряд особенностей: основание выполнено из специального алюминиевого профиля, являющегося несущей конструкцией для блока контактов, магнитной системы и катушки управления.

Контакторы электромагнитные КТИ предназначены для использования в схемах управления электроприводами для пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в электрических сетях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 Гц, а также могут быть использованы включения и отключения других электроустановок.

Условия эксплуатации:

- температура окружающей среды: при эксплуатации от –25 до +50 °С; нижняя предельная температура –40 °С; при хранении от –45 до +50 °С;
- максимальная рабочая высота — 3000 м;
- рабочее положение — вертикальное с отклонением ±30°;
- вид климатического исполнения УХЛ4;
- степень защиты IP00.

Контакторы ИЭК — новое поколение электрических аппаратов на номинальные токи от 9 до 630 А и рабочее напряжение до 660 В с широкими функциональными возможностями и современным дизайном.

Контакторы предназначены для коммутации токов включения и отключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в системах управления электроприводами.

Особенности конструкции:

- модульное исполнение, позволяющее доукомплектовывать аппараты дополнительными контактными блоками, пневматическими приставками выдержки времени и тепловыми реле перегрузки;
- широкий температурный диапазон эксплуатации от –40 до +55 °С и высокая устойчивость к климатическим воздействиям;
- возможность коммутации минимальных токов от 10 мА при 24 В позволяет применять контакторы в схемах, использующих полупроводниковые компоненты;
- высокая механическая и коммутационная износостойкость;
- малая масса и габаритные размеры.

Таблица П77. **Технические характеристики контакторов КМИ в сборе с ЭТР**

Наименование параметра	Тип									
	КМИ-10960	КМИ-11260	КМИ-11860	КМИ-22560	КМИ-23260	КМИ-34062	КМИ-35062	КМИ-46562	КМИ-48062	КМИ-49562
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 ($U_e <$ < 400 В), А	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Электротепловое реле	РТИ-1314	РТИ-1316	РТИ-1321	РТИ-1322	РТИ-2353	РТИ-3355	РТИ-3359	РТИ-3361	РТИ-3363	РТИ-3365
Номинальная мощность по *АС-3, кВт*	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
Степень защиты	IP44	IP44	IP44	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54

Таблица П78. **Технические характеристики контакторов КТИ**

Наименование параметра		Тип								
		КТИ-5115	КТИ-5150	КТИ-5185	КТИ-5225	КТИ-5265	КТИ-5330	КТИ-6400	КТИ-6500	КТИ-7630
Номинальное рабочее напряжение переменного тока U_e, В		230; 400; 660								
Номинальное напряжение изоляции, В		1000								
Номинальное импульсное напряжение, кВ		8								
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 (U_n < 400 В), А		115	150	185	225	265	330	400	500	630
Условный тепловой ток (t < 40°С), категория применения АС-1, А		200	250	275	315	350	400	500	700	1000
Номинальная нагрузка по АС-3, кВт	230 В	30	40	55	63	75	100	110	147	200
	400 В	55	75	90	110	132	160	200	250	335
	660 В	80	100	110	129	160	220	280	335	400
Максимальная кратковременная нагрузка		920	1200	1480	1800	2120	2640	3200	4000	5040
Условный ток короткого замыкания		1000					18000			
Защита от сверхтоков — предохранитель gG, А		200	250	350	315	400	500	500	800	1000
Повторно-кратковременный режим, циклов оперирования в 1 ч		120								
Мощность рассеяния при номинальном токе, Вт/полюс	АС-3	5	8	12	16	21	31	42	45	48
	АС-1	15	22	26	32	37	44	65	88	120

5. Электромагнитные контакторы КТ, КТП (ОАО «Владикавказский завод „Электроконтактор”»)

Контакторы электромагнитные открытого исполнения общего применения с естественным воздушным охлаждением **серии КТ7000, КТП7000** предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии.

Таблица П79. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7000Б**

Наименование параметра	КТ7022Б; КТ7023Б	КТ7024Б	КТ7022Б; КТ7023Б	КТ7024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380			
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
переменного тока	36; 110; 220; 380; 500	—	—	—
постоянного тока	—	—	—	24; 48; 110; 220
Количество вспомогательных контактов	2 «3» и 2 «Р» или 3 «3» и 3 «Р»			
Число полюсов	2; 3	4	2; 3	4
Допустимая частота включений, циклов в 1 ч	1200	600	1200	600
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов	330			
Масса, кг	6,1—7,2	9	6,1—7,2	9
Категория основного применения	АС-4			

Контакторы электромагнитные серии КТ7100У и КТ7200У предназначены в основном для работы во взрывозащищенных и рудничных пускателях; их изготавливают с вспомогательными контактами в сочетании: два замыкающих и два размыкающих контакта или три замыкающих и три размыкающих контакта для цепей управления всех типов контакторов; а также в сочетании один замыкающий и один размыкающий контакт для цепей управления и два замыкающих и два размыкающих контакта для искробезопасных цепей.

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7100У и КТ7200У

Номинальный ток, А.. 125
Номинальное напряжение, В 660

Номинальное напряжение втягивающей катушки переменного тока, В	36; 220; 380; 440; 500; 600
Число полюсов КТ 7100У и КТ7200У	3
Механическая износостойкость, млн циклов	3
Коммутационная износостойкость, млн циклов	1

Контакторы электромагнитные серии КТ6000/00, КТП6000/00. КТ6000/20, КТ6600 предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии. Контакторы КТ6000/20 с защелкивающим механизмом применяют в приводах, где не допускается отключение контактора при исчезновении или снижении напряжения в цепи включающей катушки.

Контакторы изготавливаются для применения в электрооборудовании, комплектных устройствах для обеспечения их эксплуатации, а также ремонта.

Режим работы контакторов — продолжительный, прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный.

Технические характеристики контакторов электромагнитных серий КТ6000 и КТП6000

Номинальный ток, А	16
Номинальное напряжение, В:	
переменного тока	500
постоянного тока	220
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:	
переменного тока частотой 50 Гц	110, 220, 380, 500
постоянного тока	48, 110, 220
Число полюсов	3
Механическая износостойкость, млн циклов В-О:	
КТ6000/00, КТП6000/00	5
КТ6000/20	0,025
Коммутационная износостойкость, млн циклов В-О	
КТ6000/00, КТП6000/00	500
КТ6000/20	25
Наибольшая частота включений в 1 ч:	
КТ6000/00, КТП6000/00	600
КТ6000/20	60

Таблица П80. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6600**

Наименование параметра	КТ6622; КТ6623	КТ6632; КТ6633	КТ6632Г; КТ6633Г
Номинальный ток, А	160	250	250
Номинальное напряжение, В	660	380	380
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:			
переменного тока частотой 50 Гц	36; 110; 220; 380; 500; 600	36; 110; 380; 500; 600	—
постоянного тока	—	—	24; 48; 110; 220
Количество вспомогательных контактов	2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»		
Число полюсов	2; 3		
Допустимая частота включений, циклов в 1 ч	1200		
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В-О	250	200	200
Категория основного применения	АС-4		
Масса не более, кг	6,2—7,4	7,0—8,2	9,4—10,6

Таблица П81. **Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТП6000Б, КТ6000Б**

Наименование параметра	КТ6022Б; КТ6023Б	КТ6024Б	КТП6022Б; КТП6023Б	КТП6024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380			
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
переменного тока	36; 110; 220; 380; 500	—		—
постоянного тока	—	—		24; 48; 110; 220
Количество вспомогательных контактов	2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»			
Число полюсов	2; 3	4	2; 3	4
Допустимая частота включений, циклов в 1 ч	1200	600	1200	600

Наименование параметра	КТ6022Б; КТ6023Б	КТ6024Б	КТП6022Б; КТП6023Б	КТП6024Б
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В-О	330			
Масса, кг	6—7	8,6	8,4—9,6	11,3
Категория основного применения	АС-4			

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6640-УЗ

Номинальный ток, А 400

Номинальное напряжение, В 660

Номинальное напряжение втягивающей катушки переменного тока, В 220, 380

Число полюсов КТ6642-УЗ/КТ6643-УЗ 2/3

Число вспомогательных контактов .... 2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»

Категория основного исполнения АС-4

Наибольшая частота включений в 1 ч 300

Механическая износостойкость, млн циклов В-О 1

Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В-О 200

6. Низковольтные контакторы КТМ, КТ12 (ОАО «Электрокомплекс», г. Минусинск)

Контакторы КТМ, КТМ12 предназначены для включения и отключения асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и других приемников электроэнергии и могут быть встроены в оболочки рудничного и взрывозащищенного электрооборудования.

Таблица П82. **Техническая характеристика низковольтных контакторов типов КТМ, КТ**

Наименование параметра	Тип			
	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Номинальное напряжение, кВ	1,14			
Номинальный ток, А	250	400		250
Частота, Гц	50			

Наименование параметра	Тип			
	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Ток включения, А	5600	6500		5600
Ток отключения, А	3000			
Напряжение управления, В	36	220	36	220
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В-О				
в категории применения АС-3	1600	2000		1600
в категории применения АС-4	300	630		300
Механическая износостойкость, тыс. циклов В-О	5000			
Габаритные размеры, мм	150×220×195	325×325×310		220×160×170
Масса, кг	6	22	22,5	6,4

7. Электромагнитные контакторы КЭ12 (ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры»)

Контакторы электромагнитные серии КЭ12 предназначены для применения в качестве комплектующих изделий в схемах управления электроприводами при напряжении до 660 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц, главным образом для применения в стационарных установках в целях дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Для подавления перенапряжений, возникающих на катушках контакторов, используются ограничители перенапряжений типа ОПН. Контакторы, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Виды климатического исполнения УХЛ4, Т3. Контакторы и ОПН климатического исполнения УХЛ4 пригодны для применения в условиях климатического исполнения У3.

Рабочее положение — крепление на вертикальной плоскости с помощью винтов выводами катушки вверх. Допускается отклонение от вертикального положения на 90° влево или вправо.

Номинальное напряжение по изоляции 660 В. Номинальный ток контактов вспомогательной цепи 10 А. Контакты вспомогательной цепи рассчитаны на номинальное напряжение до 660 В переменного тока и до 440 В постоянного тока.

Номинальное напряжение включающих катушек:

- 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 В частотой 50 Гц;
- 24; 36; 48; 110; 115; 220; 230; 380; 415; 440 В частотой 60 Гц.

Таблица П83. **Номинальные рабочие токи контакторов КЭ12 при температуре окружающей среды 40 °С в зависимости от напряжения главной цепи для исполнения контакторов основной категории применения АС-3**

Номинальный ток, А	Номинальный рабочий ток контактов главной цепи контактора в продолжительном и прерывисто-продолжительном режимах работы, А, при напряжениях и частоте 50, 60 Гц (категория АС-3)		
	До 380 В	415 В; 440 В; 500 В	660 В
	IP00; IP20	IP00; IP20	IP00; IP20
160	160	160	80
180	180	180	100

Номинальные рабочие токи контакторов категории применения АС-4 должны быть равны не менее 30% номинальных рабочих токов в категории применения АС-3.

Таблица П84. **Коммутационная и механическая износостойкость контакторов КЭ12 (без тока в цепи контактов) в категории основного применения АС-3, напряжении 380 В, допустимой частоте изменений в 1 ч, с номинальным рабочим током в категории основного применения АС-1**

Номинальный рабочий ток, А	Номинальный рабочий ток в категории применения АС-1, А	Механическая износостойкость, общий ресурс для классов, млн циклов			Частота включений в 1 ч	Коммутационная износостойкость, общий ресурс для классов, млн циклов			Частота включений в 1 ч
		А	Б	В		А	Б	В	
160	180	10	5	5	2450	1,0	0,5	0,2	300
180	210								

Таблица П85. **Коммутационная износостойкость контакторов КЭ12 в категории применения АС-4**

<table>
<tr><th rowspan="3">Номинальный ток, А</th><th colspan="3">Номинальные рабочие токи, А, при напряжении</th><th colspan="6">Коммутационная износостойкость</th></tr>
<tr><th rowspan="2">380 В</th><th rowspan="2">415 В; 440 В; 500 В</th><th rowspan="2">660 В</th><th colspan="3">Общий ресурс для исполнения по износостойкости, млн циклов</th><th colspan="3">Частота включений в 1 ч при напряжении</th></tr>
<tr><th>А</th><th>Б</th><th>В</th><th colspan="3">380—660 В</th></tr>
<tr><td>160</td><td colspan="3">48</td><td>48</td><td>32</td><td rowspan="2">0,20</td><td rowspan="2">0,10</td><td rowspan="2">0,05</td><td rowspan="2">300</td></tr>
<tr><td>180</td><td colspan="3">54</td><td>48</td><td>40</td></tr>
</table>

Таблица П86. **Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, мощность, потребляемая включающими катушками, и время срабатывания контакторов КЭ12 при номинальном напряжении**

Номинальный ток, А	Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении			Мощность катушки, ВА		Время срабатывания, мс
	380	500	660	Включение	Удержание	
160	75	90	100	51,5 max	55 max	25±10
180	90	110	110			

Таблица П87. **Массогабаритные характеристики контакторов КЭ12**

Наименование	Габариты, мм	Масса, кг
КЭ12-160100	175×136×162	3,89
КЭ12-160150	276×136×162	3,96
КЭ12-180100	175×136×162	3,89
КЭ12-180150	276×136×162	3,96
КЭ12-160500	187×318×172	8,75
КЭ12-180500	187×318×172	8,80

Пускатели

1. Пускозащитная аппаратура ПМ12-100, 160, 250 (ООО «Уралэлектроконтактор», г. Медногорск)

Электромагнитные пускатели серии ПМ12 предназначены для применения в схемах управления электроприводами на напряжение до 660 В

переменного тока частотой 50 и 60 Гц в категориях применения АС-1, АС-3, АС-4. Пускатели ПМ12 применяют главным образом в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью:

- до 45 кВт для пускателей на 100 А;
- до 75 кВт для пускателей на 160 А;
- до 132 кВт для пускателей на 250 А.

При наличии тепловых реле пускатели защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели поставляются с ОПН, что позволяет применить их в схемах с микропроцессорной техникой.

Условия эксплуатации:

Температура окружающей среды, °С	От –40 до +55
Относительная влажность воздуха .	До 100% при t = 35 °С
Высота над уровнем моря	До 2000 м До 4300 м при I_n = 380 В; t < 28 °С; I_n = = 0,9I_n
Среда эксплуатации	Невзрывоопасная, не содержащая пыли, без агрессивных газов в концентрации, разрушающей изоляцию и металлы
Вибрационные нагрузки................	С частотой до 100 Гц при ускорении до 1 g
Рабочее положение	Установка на вертикальной плоскости с допустимым отклонением ±15°
Виды климатического исполнения и категории размещения................	IP00 У3, Т3; IP20 У3, Т3; IP40 У3, Т3; IP54 У2, Т2

Таблица П88. **Технические характеристики пускателей серии ПМ12**

Наименование параметра	Значение параметров		
	ПМ12-1000	ПМ12-160	ПМ12-250
Количество полюсов	3		
Номинальный ток пускателя, А	100	160	250
Максимальный рабочий ток пускателя в категории применения АС-3, А	100	160	250
Мощность управляемых электродвигателей, кВт, при напряжении:			

Наименование параметра		Значение параметров ПМ12-1000	ПМ12-160	ПМ12-250
220 В		30,0	40,0	75,0
380 В		45,0	75,0	132,0
400 В		50,0	75,0	132,0
415 В			50,0	132,0
440 В			75,0	132,0
500 В		55,0	100,0	100,0
660 В		50,0	75,0	85,0
Номинальный рабочий ток контактов главной цепи пускателей в продолжительном и прерывисто-продолжительном режимах в категории применения АС-3 при частоте 50 или 60 Гц, А:				
До 380, 415, 440, 500 В:				
IP00; IP20		100	160	250
IP40; IP54		95	150	—
До 660 В:				
IP00; IP20; IP40; IP54		63	80	125
Номинальный рабочий ток пускателя, А:				
в категории применения АС-1 (К40С)		125	180	285
в категории применения АС-4 (К40С)		40	48	75
Ток термической стойкости, А		125	180	285
Механическая износостойкость пускателей при частоте 2400 включений в 1 ч для исполнения по износостойкости, млн циклов	А	10		
	В	5		
Коммутационная износостойкость контактов главной цепи пускателей при номинальных рабочих токах в категории основного применения АС-3 при частоте 600 включений в 1 ч для исполнения по износостойкости, млн циклов	А	2,0	1,5	1,2
	В	0,3	0,3	0,3
Коммутационная износостойкость контактов главной цепи пускателей при номинальных рабочих токах в категории основного применения АС-4 при частоте 300 включений в 1 ч для исполнения по износостойкости, млн циклов	А	0,25	0,2	0,1
	В	0,06	0,05	0,02

Наименование параметра	Значение параметров		
	ПМ12-1000	ПМ12-160	ПМ12-250
Номинальное напряжение, В	660		
Номинальное напряжение изоляции, В			
Степень защиты	IP00	IP00	IP00
	IP20	IP20	
	IP 40	IP 40	IP20
	IP 54	IP 54	
Допустимая кратковременная нагрузка 8 × I_n по категории применения АС-3 в течение 10 с (из холодного состояния) в исполнении без теплового реле			

2. Пускатели электромагнитные ПМ12-125, ПМЕ-200, ПМА-3000 (ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры»)

Пускатели электромагнитные типов ПМ12, ПМЕ-200 и ПМА-3000 предназначены для применения главным образом в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц.

Рабочее положение — крепление на вертикальной плоскости выводами вверх и вниз с помощью винтов. Допускается отклонение на 15° в любую сторону.

Пускатели, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

При наличии тепловых реле РТТ-141 пускатель осуществляет защиту управляемых электродвигателей от перегрузки недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели электромагнитные типа ПМ12-125.

Таблица П89. **Технические характеристики пускателей ПМ12-125**

Наименование параметра	Значение параметра		
	ПМ12-100	ПМ12-160	ПМ12-250
Номинальное напряжение цепи управления U_c, В	24—660		
Напряжение срабатывания при частоте 50 или 60 Гц	Более 0,85 U_c		

Наименование параметра		Значение параметра		
		ПМ12-100	ПМ12-160	ПМ12-250
Напряжение отпускания при частоте 50 или 60 Гц		Менее 0,75 U_c		
Среднее потребление катушки, ВА:				
включение		300	515	700
удержание		45	55	80
Время срабатывания пускателей, мс		20 ± 8	25 ± 10	
Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи на переменном токе 127 В — 3 А; 220 В — 2,5 А; 380 В — 1,5 А; 660 В — 1,0 А для исполнения по износостойкости, млн циклов	А	1,5	1,5	1,0
	В	0,75	0,75	0,5

Виды климатического исполнения пускателей и ограничителей перенапряжения: УХЛ4 для поставок внутри страны и для поставок на экспорт в страны с умеренным климатом; Т3 — для поставок на экспорт в страны с тропическим климатом. Пускатели и ограничители перенапряжений исполнения УХЛ4 пригодны для применения в условиях климатического исполнения У3.

Пускатели электромагнитные типов ПМЕ-200, ПМА-3000.

Таблица П90. **Технические характеристики пускателей ПМЕ-200**

Наименование параметра	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-211 УХЛ4	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-212 УХЛ4	Пускатель нереверсивный в оболочке IP30 ПМЕ-221У3	Пускатель нереверсивный в оболочке IP30 ПМЕ-222У3	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-213 УХЛ4	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-214 УХЛ4
Номинальный ток главной цепи, А	25					
Число вспомогательных контактов	1з или 2з + 2р	—	—	—	2з + 2р или 4з + + 2р	
Наличие теплового реле	+	—	+	—	+	—

Наименование параметра	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-211 УХЛ4	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-212 УХЛ4	Пускатель нереверсивный в оболочке IP30 ПМЕ-221У3	Пускатель нереверсивный в оболочке IP30 ПМЕ-222У3	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-213 УХЛ4	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМЕ-214 УХЛ4
Габариты, мм	93 × 89 × 116	170 × 89 × 116	222 × 152 × 154	222 × 152 × 154	130 × 200 × 130	156 × 200 × 130
Масса, кг	1,07	1,3	2,0	2,2	2,7	3,1

Номинальное напряжение главной цепи пускателей 380 В, номинальное напряжение по изоляции 660 В. Номинальный ток вспомогательных контактов 6,3 А.

Номинальные рабочие напряжения вспомогательных контактов: при переменном токе частотой 50 или 60 Гц от 24 до 660 В, при постоянном токе от 24 до 220 В.

Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:

- для пускателей ПМЕ-200: 24; 36; 40; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500 (для частоты 50 Гц); 36; ПО; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500 (для частоты 60 Гц);
- для пускателей ПМА-3000: 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 (для частоты 50 Гц); 24; 48; ПО; 115; 220; 230; 380; 440 (для частоты 60 Гц).

Пускатели ПМЕ-212, ПМЕ-214, ПМЕ-222 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-141, имеющими тепловые элементы с несменными нагревателями на номинальные токи 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20 и 25 А.

Пускатели ПМА-3200, ПМА-3400 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-211, РТТ-21Ш, РТТ-21, РТТ-21П с номинальным током тепловых элементов 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 А.

Пускатели ПМА-3210 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-141 с номинальным током тепловых элементов 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 34 А.

Мощность управляемых электродвигателей не более 11 кВт для пускателей ПМЕ-200 и не более 18,5 кВт для пускателей ПМА-3000.

Климатическое исполнение и категория размещения пускателей: УХЛ4, УЗ для поставок внутри страны и на экспорт в страны с умеренным климатом, ТЗ, для поставок на экспорт в страны с тропическим климатом.

Таблица П91. **Номинальные токи и номинальные рабочие токи главной цепи пускателей ПМЕ-200**

Исполнение		Номинальный ток, А, для категории применения АС-1	Номинальный ток; А, при номинальных рабочих напряжениях для категории применения АС-3	
По степени защиты	По наличию теплового реле		До 380 В	Свыше 380 до 660 В
IP00	Без реле	32	25	14
	С реле	25		
IP30	С реле и без него	23	23	

Таблица П92. **Механическая износостойкость пускателей ПМЕ-200У**

Класс износостойкости пускателя	Механическая износостойкость		Коммутационная износостойкость			
	Ресурс, млн циклов	Допустимая частота включений в 1 ч, не более	Общий ресурс, млн циклов		Допустимая частота включений в 1 час, не более	
			АС-3	АС-4	АС-3	АС-4
А	16	3600	3	0,4 (0,35)*	1200	600 (380 В)**
Б	16	3600	1	0,1 (0,16)*	—	300 (660 В)**
В	5	3600	0,3	0,04 (0,08)*	—	600

*В скобках приведены данные для ПМЕ-3000.

**Оба значения для ПМЕ-3000.

Таблица П93. **Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи пускателей ПМЕ-200 в категориях применения АС-11 и ДС-11**

Род тока	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальный рабочий ток, А	Коммутационная износостойкость для классов, млн циклов		
			А	Б	В
Постоянный	110	0,5	1,6	1,0	0,3
	220	0,2			
Переменный	380	1,5			

Таблица П94. **Максимальные токи продолжительного режима работы пускателей ПМЕ-200 в зависимости от номинального тока теплового элемента реле и исполнения по степени защиты**

Номинальный ток теплового элемента реле, А	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания, А	Максимальный ток продолжительного режима работы реле в пускателях исполнения	
		IP00	IP30
		УХЛ4	УЗ, ТЗ
5,0	4,25—5,75	5,75	5,5
6,3	5,35—7,23	7,23	7,0
8,0	6,8—9,2	9,2	8,8
10,0	8,5—11,5	11,5	11,0
12,5	10,6—14,3	14,3	14,0
16,0	13,6—18,4	18,4	17,6
20,0	17,0—23,0	23,0	20,0
25,0	21,3—25,0	25,0	23,0

Таблица П95. **Технические характеристики пускателей ПМА-3000**

Потребляемая мощность при включении пускателя не более 200 ВА, удержания: для ПМЕ-200 — 20 ВА, для ПМА-3000 — 25 ВА. Время включения пускателей ПМЕ-200 10—25 мс, ПМА-3000 20—30 мс.

Наименование параметра	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМА-3100 УХЛ4	Пускатель нереверсивный без оболочки IP00 ПМА-3200 УХЛ4	Пускатель нереверсивный в оболочке IP40 ПМА-3ПО УЗ	Пускатель нереверсивный в оболочке IP40 ПМА-3210 УЗ	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМА-3300 УХЛ4	Пускатель реверсивный без оболочки IP00 ПМА-3400 УХЛ4
Номинальный ток главной цепи, А	40					
Число вспомогательных контактов	1з, 1з + 1р или 2з + 2р	1з или 2з + 2р	1з, 1з + 1р или 2з + 2р	1з или 2з + 2р	2з + 2р или 4з + 2р	
Наличие теплового реле	—	+	—	+	—	+
Габариты, мм	93 × 89 × 116	170 × 89 × 116	222 × 152 × 154	222 × 152 × 154	130 × 200 × 130	175 × 200 × 130
Масса, кг	1,07	1,4	2,0	2,2	2,7	2,9

Таблица П96. **Номинальные рабочие и номинальные рабочие напряжения вспомогательной цепи пускателей ПМА-3000 в категориях применения АС-11 и ДС-11**

Род тока	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальный рабочий ток, А
Постоянный	110	0,5
	220	0,2
Переменный	127	3,0
	220	2,0
	380	1,5
	660	0,6

Примечание. Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи в данных категориях применения и при данных значениях номинальных рабочих токов и напряжений не менее 1,6 млн циклов срабатываний для исполнения по износостойкости А и не менее 0,8 млн циклов срабатываний для исполнения по износостойкости Б и В

Низковольтные комплектные устройства

Низковольтные комплектные устройства «Нева» ЩО-2000 (ОАО «ПО „ЭЛТЕХНИКА"», г. Санкт-Петербург)

«НЕВА» ЩО-2000 — низковольтное комплектное устройство (далее НКУ) одностороннего обслуживания в металлических корпусах с воздушной изоляцией со стационарными и/или выкатными автоматическими выключателями, стационарными выключателями-разъединителями, блоками предохранителей, трансформаторами тока, устройствами управления и сигнализации.

НКУ предназначено для распределения электроэнергии трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В и частотой 50 Гц в сетях с изолированной или глухозаземленной нейтралью для защиты от перегрузок и коротких замыканий, а также для управления, измерения и сигнализации.

НКУ ЩО-2000 «НЕВА» используются на всех уровнях распределения электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ. На базе ЩО-2000 можно строить:

- главные распределительные щиты на токи до 6300 А;
- щиты управления двигателями на токи до 2500 А.

Технические характеристики НКУ

Номинальное напряжение главных цепей, В 400

Номинальное напряжение вторичных цепей, В.................... 230

Номинальня частота, Гц.. 50

Номинальный ток сборных шин, А	До 6300
Ток термической стойкости, кА/1 с	До 100
Ток электродинамической стойкости, кА..	До 275
Степень защиты оболочкой..	IP54

Габариты и масса НКУ зависят от схемы главных цепей.

НКУ состоит из модульных элементов и позволяет монтировать щиты любой конфигурации в стационарном и выдвижном исполнении с различными вариантами разделения функциональных узлов. Подвод кабеля и шин может осуществляться в верхней или нижней части щита. Все это обеспечивает разнообразие конструктивных решений.

Аппараты устанавливают в стационарных или выдвижных модулях, все органы управления находятся на лицевой стороне. Контроль работы и управление осуществляют без открывания дверей.

НКУ поставляют в виде самостоятельно транспортируемых секций полной заводской готовности. Срок службы не менее 30 лет.

НКУ предназначено для внутренней установки при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- температура окружающего воздуха от –25 до +40 °С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Конструкция НКУ ЩО-2000 «Нева» позволяет предусмотреть каналы для сброса избыточного давления газов и продуктов горения от каждого функционального узла при возникновении дуги внутри НКУ. Шины в НКУ выполнены из высококачественной твердой, безкислородной электротехнической меди.

Применение опор-изоляторов специально разработанной конструкции обеспечивает надежную изоляцию шинной системы, ее высокую устойчивость к ударным токовым, динамическим и тепловым нагрузкам как в штатном режиме работы, так и при КЗ.

Применение двух полос медной шины на каждую фазу обеспечивает наилучшее охлаждение шин во время работы.

Специальная система шинных соединений обеспечивает надежный контакт на весь срок эксплуатации.

Для защиты подключаемых к стационарным блокам присоединений применяют предохранители (ППН-33, ППН-35, ППН-37, ППН-39), предохранители-разъединители производства ABB с номинальным током до 630 А или автоматические выключатели производства ABB.

Выдвижные блоки НКУ комплектуются оборудованием фирмы «Шнейдер Электрик» и обеспечивают управление и защиту электродвигателей мощностью от 0,5 до 250 кВт.

Низковольтное коммутационное оборудование ПР-8, РПС, РПБ, РБ, ЯРВ (ОАО «Новосибирский электромеханический завод»)

Пункты силовые распределительные ПР-8-РУ (распределительные) применяют в сетях электроснабжения промышленных предприятий, административных и жилых зданий. Пункты серии ПР-8-РУ предназначены для распределения электрической энергии и защиты электрических установок при перегрузках и токах короткого замыкания, для нечастых (до 6 в 1 ч) оперативных включений и отключений электрических цепей и пусков асинхронных двигателей. Они разработаны для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Щиток каждого типоисполнения оборудуется соответствующим количеством автоматических выключателей в зависимости от числа отходящих групп.

Таблица П97. **Технические характеристики пускателей ПР-8-РУ**

<table>
<tr><th rowspan="2">Номинальный ток, А</th><th rowspan="2">Наличие вводного выключателя</th><th rowspan="2">Максимальное количество модулей распределения</th><th rowspan="2">Наличие УЗО</th><th colspan="3">Габариты, мм</th></tr>
<tr><th>H</th><th>L</th><th>B</th></tr>
<tr><td rowspan="4">До 100 А</td><td>+</td><td>12</td><td rowspan="7">По заказу</td><td>250</td><td>350</td><td rowspan="4">95</td></tr>
<tr><td>+</td><td>12</td><td>280</td><td>380</td></tr>
<tr><td>+</td><td>25</td><td>466</td><td>350</td></tr>
<tr><td>+</td><td>25</td><td>496</td><td>380</td></tr>
<tr><td rowspan="3">До 250 А</td><td>+</td><td>30</td><td>682</td><td>350</td><td rowspan="3">170</td></tr>
<tr><td>+</td><td>50</td><td>712</td><td>380</td></tr>
<tr><td>+</td><td>30</td><td>466</td><td>684</td></tr>
</table>

Пункты силовые распределительные ПР-8-ВР (с прибором учета) разработаны для ввода, учета и распределения электрической энергии индивидуальных жилых зданий и малых производственных предприятий, защиты электрических установок напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Они обеспечивают защиту от перегрузок и коротких замыканий и используются для нечастых (до 6 включений в 1 час) оперативных коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Таблица П98. **Технические характеристики пускателей ПР-8-ВР**

Номинальный ток, А	Наличие вводного выключателя	Аппараты учета		Максимальное количество модулей распределения	Наличие УЗО	Габариты, мм		
		1-фазный	3-фазный			H	L	B
До 100 А	+	+	–	15	По заказу	466	350	170
						496	380	
		–	+	30		682	350	
						712	380	
						466	684	

Рубильники с предохранителями на общей плите РПС-1, РПС-2, РПС-4; РПБ-1, РПБ-2, РПБ-4 предназначены для защиты и неавтоматической коммутации силовых электрических цепей переменного тока в устройствах распределения электрической энергии. Основание имеет высококачественное полимерное покрытие, комплектуется скобой и приводом.

Таблица П99. **Технические характеристики РПС и РПБ**

Наименование параметра	РПС-1	РПС-2	РПС-4
Род тока	Переменный		
Номинальное напряжение, В	380		
Номинальный ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		
Род привода	Передний		
Размеры панели, мм	260×360×20		
Присоед. размеры, мм	230×330 (4 отв. диам. 9)		
Вылет вала привода, мм	90		
Габариты, мм	350× (290)×360×136		350×(290)×360×160
Масса, кг	6,5	6,8	6,9
	РПБ-1	РПБ-2	РПБ-4
Род тока	Переменный		
Номинальное напряжение. В	380		
Номинальный ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		
Род привода	Боковой		
Размеры панели, мм	260×360×20		
Присоединительные размеры, мм	230×330 (4 отв. диам. 9)		

Параметры	РПБ-1	РПБ-2	РПБ-4
Вылет вала привода, мм	170	205	205
Габариты, мм	264×364×136		264×364×160
Масса, кг	6,5	6,8	6,9

Рубильники с боковым приводом РБ-31, РБ-32, РБ-34 предназначены для неавтоматических коммутаций силовых электрических цепей переменного тока. Рубильники применяют для комплектации силовых ящиков, щитов, шкафов и других распределительных устройств.

Таблица П100. **Технические характеристики РБ**

Наименование параметра	РБ-31	РБ-32	РБ-34
Род тока	Переменный		
Номинальное напряжение, В	380		
Номинальный ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		
Род привода	Боковой		
Размеры панели, мм	254×194×18		
Присоединительные размеры, мм	230×330 (4 отв. диам. 9)		
Вылет вала привода, мм	9		
Габариты, мм	350×200×135		380×210×135
Масса, кг	3,6	3,65	4,45

Ящики с рубильниками ЯРВ-100, ЯРВ-250, ЯРВ-400, ЯРВ-630 предназначены для защиты и неавтоматической коммутации силовых электрических цепей переменного тока. Климатическое исполнение УЗ. Для удобства монтажа — достаточно места для подключения питающих и отходящих кабелей. Металлический кожух обеспечивает безопасную эксплуатацию.

Таблица П101. **Технические характеристики ЯРВ**

Наименование параметра	ЯРВ-100	ЯРВ-250	ЯРВ-400	ЯРВ-630
Род тока	Переменный			
Номинальное напряжение, В	380			
Номинальный ток, А	100	250	400	630
Число полюсов	3			
Размещение рукоятки привода	Правое			
Высота, мм	466	466	682	682

Наименование параметра	ЯРВ-100	ЯРВ-250	ЯРВ-400	ЯРВ-630
Ширина, мм	357 (350)	357 (350)	356 (350)	356 (350)
Глубина, мм	170	170	230	230
Масса, кг	12,4	12,9	18,8	19,5

Значения сопротивлений автоматических выключателей и контактов

Таблица П102. **Значения сопротивлений автоматических выключателей**

$I_{ном}$, А	R_a, мОм	X_a, мОм
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,08
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05
Примечание. Приведенные значения сопротивлений включают в себя сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов		

Таблица П103. **Приближенные значения активных сопротивлений разъемных контактов коммутационных аппаратов**

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм	
	рубильника	разъединителя
50	—	—
70	—	—
100	0,5	—
150	—	—
200	0,4	—
400	0,2	0,2
600	0,15	0,15
1000	0,08	0,08
2000	—	0,02
3000	—	0,02

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Правила** устройств электроустановок. Изд. 7-е, 2002.
2. **Кудрин Б. И.** Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995.
3. **Киреева Э. А., Юнес Т., Айюби М.** Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. — М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. **Киреева Э. А.** Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. — М.: НТФ "Энергопрогресс", 2000.
5. **Шмурьев В. Я.** Цифровые реле защиты. — М.: НТФ "Энергопрогресс", 1999.
6. **Аппараты** распредустройств низкого напряжения: Справочник / Ч. I. Вып. 1 и 2. Автоматические выключатели до и свыше 630 А. М.: Патент, 1992.
7. **Выбор** способа заземления нейтрали в сетях 6—10 кВ / Евдокунин Г. А. и др. // Электричество, № 12, 1998.
8. **РД34.35.310—97.** Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. — М.: СПО ОРГРЭС, 1997.
9. **Князевский Б. А., Липкин Б. Ю.** Электроснабжение промышленных предприятий. — М.: Высш. школа, 1979.
10. **Кудрин Б. А., Прокопчик В. В.** Электроснабжение промышленных установок. — Минск: Вышэйшая школа, 1988.
11. **Федоров А. А., Старкова Л. Е.** Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. **Справочная** книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1996.
13. **Справочник** по электроснабжению и электрооборудованию в 2-х томах. Т. 1. Электроснабжение. / Под ред. А. А. Федорова. М.: Энергоатомиздат, 1986.
14. **Киреева Э. А., Григорьев В. В.** Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. — М.: Энергоатомиздат, 2002.
15. **Киреева Э. А., Григорьев В. В., Миронов В. А., Чохонелидзе А. Н.** Электроснабжение и электрооборудование цехов. — М.: Энергоиздат, 2003.

16. **Киреева Э. А., Григорьев В. В., Минтюков А. П., Чохонелидзе А. Н.** Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий. — М.: Энергоиздат, 2003.
17. **Ристхейн Э. М.** Электроснабжение промышленных установок. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
18. **Федоров А. А., Каменева В. В.** Основы электроснабжения промышленных предприятий. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
19. **Старкова Л. Е., Орлов В. В.** Проектирование цехового электроснабжения: учеб. пособие. — 2-е изд. испр. и доп. — Вологда: ВоГТУ, 2001.
20. **Конюхова Е. А.** Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М.: Издательство "Мастерство", 2001.
21. **Подстанции** трансформаторные комплектные мощностью от 630 до 2500 кВА напряжением 6—10 кВ: Каталог / Информэлектро. — М., 1985.
22. **Комплектные** трансформаторные подстанции типа КТП-400: Каталог / Информэлектро. — М., 1983.
23. **Выключатели** автоматические серии "Электрон": Каталог / Информэлектро. — М., 1988.
24. **Выключатели** автоматические типов ВА53—43, ВА55—43, ВА56—43: Каталог / Информэлектро. — М., 1988.
25. **Выключатели** автоматические типов ВА51—25 и ВА51Г—25: Каталог / Информэлектро — М, 1988.
26. **Выключатели** автоматические серии А3700: Каталог / Информэлектро, — М, 1981.
27. **Выключатели** автоматические серии АЕ20 и АЕ20М (модернизированные): Каталог / Информэлектро. — М, 1987.
28. **Киреева Э. А.** Повышение надежности, экономичности и безопасности систем цехового электроснабжения. — М.: НТФ "Энергопрогресс", 2002.
29. **Киреева Э. А., Конюхова Е. В.** Надежность электроснабжения промышленных предприятий. — М.: НТФ "Энергопрогресс", 2001.
30. **Киреева Э. А., Соскин Э. А.** Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. М.: Энергоатомиздат, 1990.

31. **Контакторы** и магнитные пускатели: Справочник / М.: Информэлектро, 1994.
32. **Неклепаев Б. Н., Крючков И. П.** Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 1989.
33. **ГОСТ 14254—96** (МЭК 529—89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). — М.: ИПК Издательство стандартов, 1997.
34. **Харечко В. Н., Харечко Ю. В.** Основы заземления электрических сетей и электроустановок зданий: Пособие. — М.: МИЭЭ, 2002.
35. **ГОСТ 13109—97.** Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Минск: ИПК Издательство стандартов, 1999.
36. **Смирнов А. Д., Антипов К. М.** Справочная книга энергетика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
37. **Рекомендации** по проектированию, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: Издательство МЭИ, 2002.
38. **УЗО-устройства** защитного отключения. Учебно-справочное пособие. — М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСПЕКТ»
111020, Москва, ул. Боровая, д.7, стр.4
(495) 967-1572
e-mail: mail@prospekt.org
www.prospekt.org

ПОЛНЫЙ СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

(с примерами расчетов)

Э.А. Киреева, С.Н. Шерстнев

Приведены технические характеристики действующего и нового электрооборудования, в частности трансформаторов, электродвигателей, коммутационных аппаратов, кабельных и воздушных линий и т.д. Даны сведения по электрическим измерениям, электротехническим материалам, режимам нейтрали, нормам качества электроэнергии, осветительным устройствам.

Для инженеров, техников и мастеров, работающих по эксплуатации систем электроснабжения как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Может быть полезно студентам энергетических направлений подготовки и специальностей.